เอกสารประกอบการสอน

รายวิชา
วิศวกรรมสำรวจ
SURVEY ENGINEERING
CT 11206





สิทธิพร พันธุระ

สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
2558

วิศวกรรมสำรวจ
สิทธิพร พันธุระ

เอกสารประกอบการสอน

รายวิชา CT 11206 วิศวกรรมสำรวจ

(SURVEY ENGINEERING)

สิทธิพร พันธุระ

M.Eng. (Civil Engineering)

สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2558

เอกสารประกอบการสอน

รายวิชา CT 11206 วิศวกรรมสำรวจ

(SURVEY ENGINEERING)

สิทธิพร พันธุระ

M.Eng. (Civil Engineering)

สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2558

คำนำ

เอกสารประกอบการสอนรายวิชา CT๑๑๒๐๖ วิศวกรรมสำรวจ มุ่งหวังให้นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ได้มีเอกสารที่เกี่ยวกับเนื้อหาทางวิศวกรรมสำรวจที่อ่านเข้าใจง่าย โดยเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งสิ้น ๑๐ บท ภายในเนื้อหาแต่ละบทจะมีรูปภาพประกอบ ตัวอย่างการคำนวณ สรุปท้ายบท และแบบฝึกหัด ซึ่งจะทำให้นักศึกษาเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น นอกจากนี้เอกสารประกอบการสอนเล่มนี้ยังได้จัดเตรียมใบงานให้นักศึกษาได้ทำการทดลองเพิ่มเติมทุกบท เพื่อช่วยให้นักศึกษาเข้าใจในหลักการและมองเห็นเนื้อหาที่เรียนมาเป็นรูปธรรมมากขึ้น

เอกสารประกอบการสอนเล่มนี้ ได้จากการศึกษาและค้นคว้าทั้งจากหนังสือต่างประเทศ หนังสือในประเทศ รวมถึงจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ อย่างไรก็ตามหากเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้มีความผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับและขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สิทธิพร พันธุระ

กรกฎาคม ๒๕๕๘

สารบัญ

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ (ต่อ)

สารบัญภาพ (ต่อ)

สารบัญภาพ (ต่อ)

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

แผนบริหารการสอนประจำวิชา

รหัสวิชา CT11206

ชื่อวิชา วิศวกรรมสำรวจ (Survey Engineering) **3(2-2-5)**

ลักษณะของรายวิชา

วิชาวิศวกรรมสำรวจ เป็นวิชาเอกบังคับที่สอนในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวนหน่วยกิต 3 หน่วยกิต บรรยาย 2 ชั่วโมง ปฏิบัติ 2 ชั่วโมง และศึกษาด้วยตนเอง 5 ชั่วโมง ใน 1 สัปดาห์ รวมเวลาเรียนทั้งหมด 16 สัปดาห์

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานสำรวจ หลักการสำรวจด้วยเทป โซ่เทป วิธีทำแผนที่ด้วยโต๊ะแผนที่ การสำรวจด้วยเข็มทิศตลับ การสำรวจด้วยกล้องวัดมุม การวางเส้นตรงด้วยกล้องวัดมุม การวัดมุมราบด้วยกล้องวัดมุม การทำวงรอบ การหาพื้นที่ การวัดมุมสูง การใช้กล้องวัดมุมหาระยะ หาระดับ การใช้กล้องวัดมุมหาระยะ หาระดับ การใช้กล้องวัดมุม วางผัง ความสำคัญของงานระดับ เครื่องมือในการทำระดับ การทำระดับ การทำระดับหารูปตัดขวางและรูปตัดตามยาว การหาปริมาณดินตัด ดินถม การตรวจสอบงานระดับการตรวจสอบข้อผิดพลาดของกล้องระดับการสำรวจที่เกี่ยวข้องในงานวิศวกรรม งานรังวัด การกำหนดจุดและวางแนวก่อสร้างอาคาร กำหนดความลาดชัน เส้นชั้นความสูง การคำนวณวงรอบ

วัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายนิยามของการสำรวจได้อย่างเข้าใจและถูกต้อง
2. เข้าใจระบบหน่วยที่สำคัญที่ใช้ในทางการสำรวจได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายการขั้นตอนการดำเนินการสำรวจได้อย่างถูกต้อง
4. เข้าใจหลักการของการนับก้าวและคำนวณหาความยาวก้าวของผู้สำรวจได้อย่างเข้าใจและถูกต้อง
5. อธิบายความคลาดเคลื่อนในการรังวัดระยะทางโดยวิธีต่างๆได้อย่างถูกต้อง
6. ให้คำจำกัดความของมุมราบได้อย่างถูกต้อง
7. เข้าใจหลักกการวัดมุมดิ่งและมุมราบได้อย่างถูกต้องพร้อมทั้งสามารถประยุกต์มาใช้งานในภาคสนามได้อย่างเหมาะสม
8. คำนวณหามุมภายในของมุมราบได้อย่างถูกต้อง
9. เข้าใจหลักการการใช้งานของเครื่องมือวัดมุมราบทั้งด้วยกล้องทีโอโดไลต์และกล้องประมวลผลรวม

10. สามารถใช้ประโยชน์จากเครื่องมือและเลือกใช้เครื่องมือวัดมุมราบได้อย่างถูกต้องและประหยัด
11. อธิบายและเข้าใจหลักการของการทำระดับ
12. ให้คำจำกัดความของการทำระดับได้อย่างถูกต้อง
13. เข้าใจหลักการในการกำหนดชั้นงานของงานระดับ
14. อธิบายและสามารถคำนวณหาค่าระดับได้อย่างถูกต้อง
15. คำนวณหาค่าระดับตามแนวยาวและแนวขวางได้อย่างถูกต้อง
16. ใช้หลักการของการทำวงรอบหาภาคทิศและแอซิมัทของเส้นวงรอบได้อย่างถูกต้อง
17. เลือกวิธีการทำงานวงรอบได้อย่างถูกต้อง
18. เข้าใจประเภทของเส้นชั้นความสูง และลักษณะของเส้นชั้นความสูงในแต่ละเส้นได้
19. สามารถเขียนและอ่านเส้นชั้นความสูงได้อย่างถูกต้อง

เนื้อหา

บทที่ 1 บทนำ 4 ชั่วโมง

1.1 สัณฐานของโลก

1.2 ประเภทของงานสำรวจ

1.3 องค์ประกอบที่สำคัญในการทำงานสำรวจ

1.4 ลักษณะของงานสำรวจ

1.5 สมุดสนาม

1.6 หน่วยการวัด

1.7 การวัดและความคลาดเคลื่อน

1.8 ความคลาดเคลื่อน

1.9 ความถูกต้องกับความละเอียด

1.10 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 1

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 2 การวัดระยะทาง 4 ชั่วโมง

2.1 การวัดระยะทางด้วยการนับก้าว

2.2 การวัดระยะทางด้วยล้อมวัดระยะ

2.3 การวัดระยะทางด้วยแถบวัดระยะ

2.4 การวัดระยะทางด้วยวิธีสเตเดีย

2.5 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 2

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 3 งานระดับ 12 ชั่วโมง

3.1 ระดับความสูง

3.2 วิธีการหาค่าระดับความสูง

3.3 กล้องระดับ

3.4 การปรับระดับกล้อง

3.5 การตั้งและอ่านค่าไม้ระดับ

3.6 วิธีอ่านค่าบนไม้ระดับ

3.7 การทำระดับ

3.8 การตรวจสอบความถูกต้องและการปรับแก้งานระดับ

3.9 การทำระดับรูปตัดตามยาวและตามขวาง

3.10 สาเหตุความคลาดเคลื่อนในงานระดับ

3.11 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 3

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 4 มุมและทิศทาง 8 ชั่วโมง

4.1 นิยามเบื้องต้น

4.2 เมอริเดียน

4.3 แบริงและแอซิมัท

4.4 เครื่องมือวัดมุมและทิศทาง

4.5 ส่วนประกอบของกล้องธีโอโดไลท์

4.6 การตั้งกล้องธีโอโดไลท์

4.7 การส่องกล้องธีโอโดไลท์

4.8 การวัดหามุมราบ

4.9 การหามุมดิ่ง

4.10 ความคลาดเคลื่อนของการวัดมุม

4.11 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 4

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 5 การวัดมุม 4 ชั่วโมง

5.1 การวัดมุมราบ

5.2 การวัดมุมดิ่ง

5.3 ทิศทางของเส้น

5.4 ระบบการบอกทิศ

5.5 ความสัมพันธ์ของทิศไปและกลับของเส้น

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศแบริงและแอซิมัท

5.7 หลักการการคำนวณทิศ

5.8 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 5

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 6 การวงรอบ 8 ชั่วโมง

6.1 งานวงรอบ

6.2 การคำนวณปรับแก้งานวงรอบ

6.3 การคำนวณทางมุมของงานวงรอบ

6.4 ระบบพิกัดระนาบและการคำนวณค่าพิกัด

6.5 การคำนวณค่าความถูกต้อง

6.6 การคำนวณค่าพิกัดหมุดวงรอบ

6.7 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 6

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 7 เส้นชั้นความสูง 4 ชั่วโมง

7.1 คำจำกัดความที่เกี่ยงข้อง

7.2 ชนิดของเส้นชั้นความสูง

7.3 คุณสมบัติของเส้นชั้นความสูง

7.4 การกำหนดเส้นชั้นความสูง

7.5 การเขียนเส้นชั้นความสูง

7.6 ประโยชน์จากการเขียนเส้นชั้นความสูง

7.7 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 7

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 8 พื้นที่และปริมาตร 4 ชั่วโมง

8.1 การหาพื้นที่โดยการรังวัด

8.2 การหาพื้นที่จากแผนผังหรือแผนที่

8.3 การหาพื้นที่โดยใช้พิกัดฉากและระยะฉาก

8.4 การหาพื้นที่จากรูปตัด

8.5 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 8

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 9 การสำรวจเพื่องานก่อสร้าง 4 ชั่วโมง

9.1 การวางผังอาคาร

9.2 การวางตำแหน่งเสาเข็มและให้ระดับผัง

9.3 การกำหนดตำแหน่งอาคารทางสูงและการตรวจสอบ

9.4 การให้ระดับอาคาร

9.5 การวางผังอาคารด้วยกล้องวัดมุม

9.6 Grade elevation หรือ formation level หรือระดับก่อสร้าง

9.10 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 9

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 10 การสำรวจเพื่องานก่อสร้าง 4 ชั่วโมง

10.1 ข้อแนะนำเบื้องต้น

10.2 อุปกรณ์งานสำรวจและอุปกรณ์เสริมที่จำเป็น

10.3 สัญญานมือ

10.4 เกณฑ์ชั้นงาน

10.5 ขั้นตอนการดำเนินงานสำารวจเพื่อการทำแผนที่

10.6 ขั้นตอนการรังวัดแผนที่ภูมิประเทศ

10.7 การสำรวจรังวัดเก็บรายละเอียด (Detail surveys)

10.8 การเขียนแผนที่ภูมิประเทศ (Plotting)

10.9 การเขียนรายละเอียดลงในแผนที่

10.10 การทำวงรอบ (Traverse)

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 9

เอกสารอ้างอิง

วิธีสอนและกิจกรรม

1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบรูปภาพและสื่อของจริงที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจในแต่ละบทเรียน
2. อธิบายเนื้อหา และทฤษฎี แสดงวิธีการแก้ไขปัญหาและโจทย์คำนวณประกอบการเรียนในภาคทฤษฎี และประกอบการทดลองจริงในภาคปฏิบัติ
3. แบ่งกลุ่มย่อยเพื่อให้ค้นคว้า วิเคราะห์ แล้วอภิปรายในห้องเรียน
4. ทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนด้วยการจัดสอบย่อย
5. ผู้เรียนทบทวนความรู้โดยตอบคำถามท้ายบทเรียน และเสนอแนะแนวความคิด
6. แบ่งกลุ่มย่อยให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติงานวิศวกรรมสำรวจในแต่ละใบงาน เพื่อให้เข้าใจหลักการของงานสำรวจ
7. ผู้เรียนทบทวนความรู้โดยตอบแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
8. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์แสดงเนื้อหาในแต่ละบทเรียน
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพและกระดานดำ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. เครื่องมือวัดเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมสำรวจ ได้แก่ เครื่องมือวัดระยะ อุปกรณ์สำรวจ กล้องธีโอโดไลท์ กล้องประมวลผลรวม กล้องระดับ หมุดไม้ หมุดวงรอบ ขาตั้งกล้อง ฯลฯ
7. ชุดปฏิบัติการการหาระยะทางด้วยการเดินนับก้าว
8. ชุดปฏิบัติการการวัดระยะทางด้วยโซ่
9. ชุดปฏิบัติการการใช้กล้องระดับและการอ่านค่าระดับ
10. ชุดปฏิบัติการการหาค่าต่างระดับ
11. ชุดปฏิบัติการการหาค่าระดับตามยาว
12. ชุดปฏิบัติการการหาค่าระดับตามขวาง
13. ชุดปฏิบัติการกล้องวัดมุม
14. ชุดปฏิบัติการการวสำรวจด้วยกล้องเข็มทิศ
15. ชุดปฏิบัติการการทำวงรอบด้วยกล้องทีโอโดไลท์และแถบวัดระยะ
16. ชุดปฏิบัติการการทำวงรอบด้วยกล้องแบบประมวลผลรวม

การวัดผลและประเมินผล

การวัดผล

1. คะแนนระหว่างภาคเรียน	70%
1.1 ความตรงต่อเวลาและความสนใจในการเรียน	10%
1.2 แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	10%
1.3 ปฏิบัติงานวิศวกรรมสำรวจ	30%
1.4 ทดสอบกลางภาคเรียน	20%
2. คะแนนปลายภาคเรียน	30%

การประเมินผล

ร้อยละของคะแนน	79.5-100.0	ได้ระดับคะแนน	A
ร้อยละของคะแนน	74.5-79.4	ได้ระดับคะแนน	B+
ร้อยละของคะแนน	69.5-74.4	ได้ระดับคะแนน	B
ร้อยละของคะแนน	64.5-69.4	ได้ระดับคะแนน	C+
ร้อยละของคะแนน	59.5-64.4	ได้ระดับคะแนน	C
ร้อยละของคะแนน	54.5-59.4	ได้ระดับคะแนน	D+
ร้อยละของคะแนน	49.5-54.4	ได้ระดับคะแนน	D
ร้อยละของคะแนน	0.0-49.4	ได้ระดับคะแนน	F

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1

บทนำ

หัวข้อเนื้อหา

บทนำ

1.1 สัณฐานของโลก

1.2 ประเภทของงานสำรวจ

1.3 องค์ประกอบที่สำคัญในการทำงานสำรวจ

1.4 ลักษณะของงานสำรวจ

1.5 สมุดสนาม

1.6 หน่วยการวัด

1.7 การวัดและความคลาดเคลื่อน

1.8. ความคลาดเคลื่อน (Errors)

1.9. ความถูกต้อง (Accuracy) กับความละเอียด (Precision)

1.10 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 1

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความรู้และทักษะดังนี้

1. อธิบายประเภทของงานสำรวจได้
2. อธิบายขั้นตอนของงานสำรวจ และวิธีการในงานสำรวจได้
3. จำแนกประเภทและการแบ่งชั้นงานของงานระดับได้
4. เข้าใจและสามารถแปลงหน่วยการวัดในงานสำรวจได้อย่างถูกต้อง
5. อธิบายการวัดและความคลาดเคลื่อนต่างๆที่เกิดขึ้นในงานสำรวจได้อย่างเข้าใจและถูกต้อง
6. เข้าใจวิธีการใช้งานสมุดสนามได้อย่างถูกต้อง
7. อธิบายความหมายของความถูกต้องและความละเอียดในงานสำรวจได้
8. จำแนกประเภทความถูกต้องกับความละเอียดได้

วิธีสอนและกิจกรรม

1. ชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหา และเกณฑ์การให้คะแนนรายวิชา
2. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบเอกสารประกอบการสอนและรูปภาพ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในแต่ละหัวข้อและเสนอแนวความคิด ก่อนข้ามหัวข้อนั้น
4. ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียน สอบถามผู้เรียนถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัย และสรุปเนื้อหาประจำบท
5. มอบหมายให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน และกำหนดวันส่ง
6. ชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนในครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนไปศึกษาก่อนล่วงหน้า
7. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อเอกสารประกอบการสอนอิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. แบบฝึกหัดท้ายบท
7. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล

1. ประเมินจากความตรงต่อเวลาของนักศึกษาในการส่งงานและเข้าเรียน
2. ประเมินจากการซักถาม-ตอบคำถาม
3. ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบท

การประเมินผล

1. จากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จตามเวลา
2. ทำแบบฝึกหัดมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

บทที่ 1 บทนำ

(Introduction)

วิชาการสำรวจ เป็นวิชาที่กล่าวถึงการหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของจุดต่างๆ ที่อยู่บนอยู่เหนือหรืออยู่ใต้พื้นโลก หรือการสร้างจุดขึ้นเพื่อให้เป็นจุดบังคับ ด้วยวิธีการวัดทั้ง 3 อย่างคือ ระยะ (Distance)ทิศทาง(Direction) และกำหนดสูง (Elevation) มิติของการวัดระยะและกำหนดสูงวัดด้วยหน่วยของความยาว (Unit of Length) และทิศทางวัดด้วยหน่วยของความโค้ง (Unit of Arc)

การวัดและการคำนวณเพื่อหาตำแหน่งของจุดบนผิวโลก หรือหาความสัมพันธ์ของจุดต่างๆซึ่งเป็นตัวแทนของสิ่งบนภูมิประเทศ เป็นความรู้ที่มีการพัฒนาต่อเนื่องมายาวนานโดยพัฒนาจากความต้องการจัดทำหรือเขียนแผนที่ของคนในสมัยโบราณ และมีการพัฒนาอย่างมากในกิจการทางทหารและการทำสงคราม ความรู้ในวิชาเรขาคณิตและตรีโกณมิติถูกน่ามาใช้มากที่สุดในการคำนวณหาตำแหน่งของจุด การสำรวจตามความมุ่งหมายข้างต้นอาจเรียกว่า งานรังวัด ส่วนความรู้ทางสถิติและความน่าจะเป็นจะถูกนำมาใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนในการวัดหรือผลลัพธ์ที่คำนวณได้

การหาตำแหน่งของจุดบนผิวโลกอาจพิจารณาจำแนกเป็น 3 วิธี ตามอุปกรณ์ที่ใช้และวิธีการหา ดังนี้

1) สำรวจโดยวัดบนพื้นดิน (Ground Survey) เป็นงานสำรวจในทางวิศวกรรมส่วนใหญ่ การหาตำแหน่ง ของจุดใดๆส่วนมากจะประกอบด้วยการวัดระยะทางระหว่างจุดและวัดมุมของแนวต่างๆ ในพื้นที่โครงการ

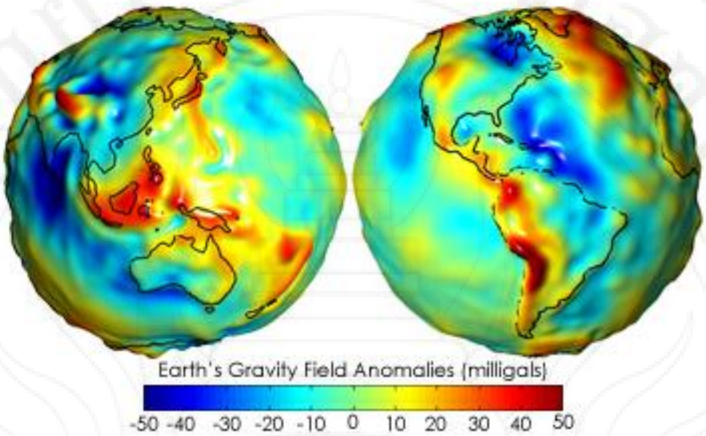
2) สำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Survey) เป็นงานสำรวจโดยการบินถ่ายภาพ ภาพถ่ายทาง อากาศที่ได้จะถูกน่ามาใช้งานใน 2 ลักษณะคือ การแปลภาพถ่าย (Photo interpretation) และการวัดตำแหน่งบนภาพถ่าย (Photogrammetry)

3) สำรวจด้วยภาพถ่ายดาวเทียม (Remote Sensing) และการหาพิกัดตำแหน่งด้วยดาวเทียม (Global Positioning System; GPS) เป็นงานสำรวจโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม ในอดีตการหาตำแหน่งของจุดจากข้อมูลดาวเทียมจะมีความถูกต้องต่ำไม่สามารถใช้ในงานวิศวกรรมได้ ปัจจุบันความถูกต้องและความละเอียดของตำแหน่งที่ได้จากอุปกรณ์ GPS เพียงพอที่จะใช้ในงานทางวิศวกรรม และมีการประยุกต์ใช้งานนำทางมากขึ้น

1.1 สัณฐานของโลก

การทำงานสำรวจโดยพื้นฐานคือการวัดเพื่อหาตำแหน่งของจุดต่างๆ การแสดงตำแหน่งของจุดใดๆจะต้องเกี่ยวข้องกับสัณฐานของโลก หรือพื้นผิวที่ใช้อ้างอิง โลกมีรูปทรงไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต ดังภาพที่ 1.1 เพียงแต่ใกล้เคียงทรงกลม และมีพื้นผิวขรุขระ รูปร่างจริงของโลกจึงไม่สามารถใช้เพื่อการอ้างอิงตำแหน่งของจุดต่าง ๆบนพื้นโลกได้ การอ้างอิงตำแหน่งของจุดต่างๆจึงใช้รูปทรงที่ห่อหุ้ม

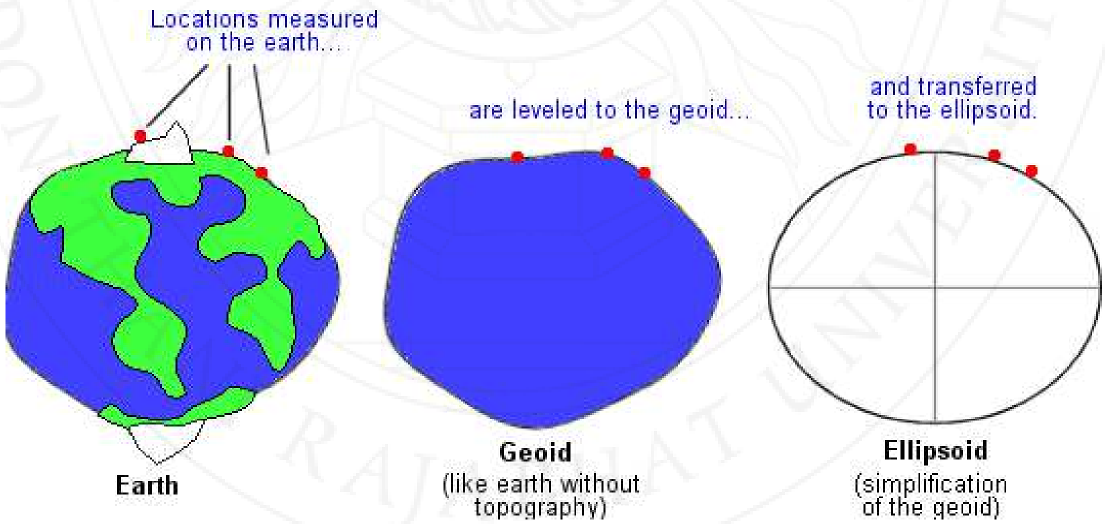
ด้วยผิวระดับ (Level surface) ที่ต่อเนื่องกัน กล่าวคือโลกที่มีพื้นผิวทุกจุดตั้งฉากกับแรงดึงดูดโลก เรียกว่า จีออย (Geoid) ใช้เป็นตัวแทนรูปทรงของโลก



ภาพที่ 1.1 แสดงพื้นผิว ภูมิประเทศ ของโลก

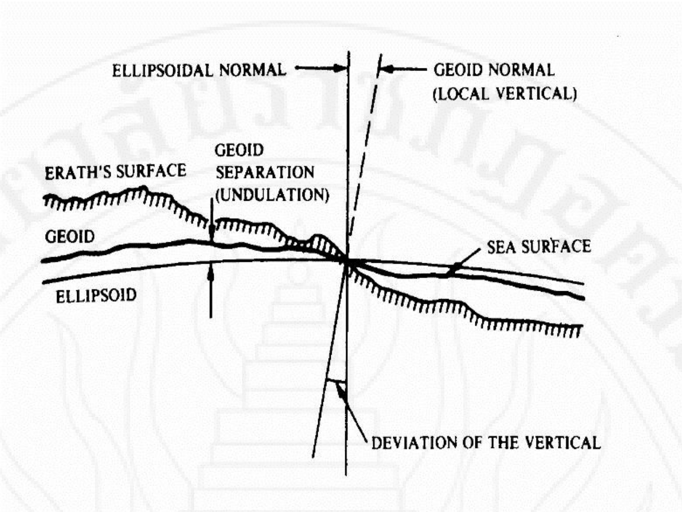
(ที่มา:http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GRACE/page3.php)

เป็นสัณฐานอ้างอิงในงานดาราศาสตร์และงานระดับควบคุมอย่างไรก็ตามแต่จีออยยังคงไม่เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงได้ใช้รูปทรงที่มีผิวโค้งใกล้เคียงกับผิวของจีออยและเป็น รูปทรงเรขาคณิตเป็นตัวแทนของจีออย คือรูปทรงที่เกิดจากการหมุนรูปวงรีรอบแกนสั้นที่ตรงกับแกนหมุนของโลก เรียกว่า อีลิปซอยด์ (Ellipsoid) ดังแสดงในภาพที่ 1.2

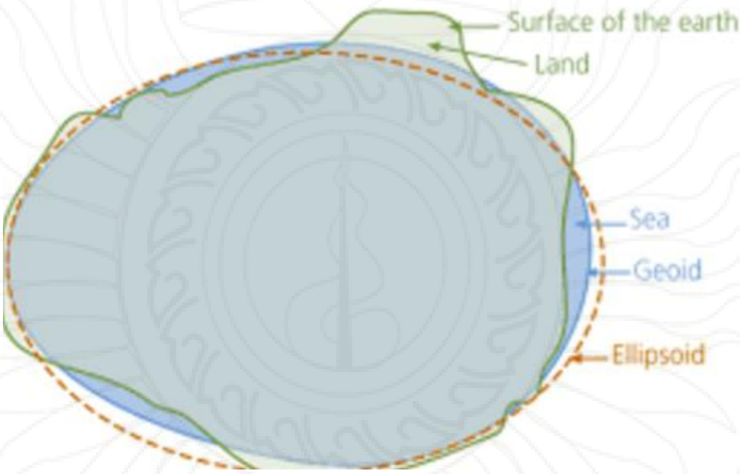


ภาพที่ 1.2 แสดงพื้นผิว ภูมิประเทศ จีออยและ อีลิปซอยด์

(ที่มา: www.geography.hunter.cuny.edu)



ภาพที่ 1.3 แสดงพื้นผิว ภูมิประเทศ จีออยและ อีลิปซอยด์



ภาพที่ 1.4 แสดงพื้นผิว ภูมิประเทศ จีออยและ อีลิปซอยด์

ประเทศต่างๆจะใช้สัณฐานอ้างอิงที่แตกต่างกันโดยเลือกใช้ขนาดรูปวงรีที่ทำให้อีลิปซอยด์มีพื้นผิวทับกับ พื้นผิวของจีออยที่ประเทศนั้นให้มากที่สุด สำหรับประเทศไทยกิจการแผนที่หลักหน่วยงานที่รับผิดชอบคือ กรมแผนที่ทหารได้ใช้สัณฐานโลกอ้างอิง Everest Spheroid 1830 ในการคำนวณงานรังวัดชั้นสูง ซึ่งใช้รูปทรงอีลิปซอยด์ที่เกิดจากวงรีที่มีขนาดกึ่งแกนยาว (Semi-Major Axis) เท่ากับ 6,377,276.3452 เมตร และอัตราการยุบตัว เท่ากับ 300.8017 โดยใช้พื้นหลักฐานราชบุรีตั้งแต่ปี พ.ศ.2450 และมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเรื่อยมาจนใช้พื้นหลักฐาน Indian 1975 (ดูรายละเอียดได้จากเว็บไซท์ของ กรมแผนที่ทหาร, http://www.rtsd.mi.th)ในปัจจุบันการรังวัดด้วยอุปกรณ์หาตำแหน่งจากดาวเทียม GPS เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ค่าพิกัดที่ได้จากอุปกรณ์ GPS จะเป็นค่าที่อ้างอิงบนพื้นหลักฐาน WGS84 (World Geodetic System 1984)

1.2 ประเภทการสำรวจ

1.2.1 ลักษณะงานสำรวจ

โดยทั่วไปงานสำรวจจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามความละเอียดถูกต้องของการวัด และการคำนวณ คือ

1) งานสำรวจขั้นสูง (Geodetic Surveys)

เป็นงานสำรวจที่มีความละเอียดถูกต้องสูง และคำนึงถึงรูปร่างสัณฐานของโลกหรือความโค้งของผิวโลก (earth curvature) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย จะใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่ ดังนั้น การคำนวณต่าง ๆ จึงอยู่บนผิวโค้งซึ่งจะใช้ผิวทรงรี (ellipsoid) ที่เหมาะสมแทนสัณฐานของโลกในแต่ละพื้นที่

2) งานสำรวจบนพื้นระนาบ (Plane Surveys)

เป็นงานสำรวจที่ใช้สมมติฐานว่า พื้นที่ที่ทำการสำรวจเป็นพื้นระนาบ ดังนั้นการคำนวณจึงสามารถใช้สูตรทางเรขาคณิตบนพื้นระนาบในการคำนวณได้ ทำให้ง่ายต่อการ ทำงานโดยจะใช้กับพื้นที่ขนาดเล็กซึ่งความโค้งของผิวโลกไม่มีผลกระทบ(วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2549)

1.2.2 ชนิดงานสำรวจ

งานสำรวจยังสามารถแบ่งชนิดของงานได้ตามเฉพาะเรื่อง ๆ ได้ ดังนี

1) งานสำรวจรังวัดควบคุม (Control Surveys)

คือ งานสำรวจเพื่อการจัดสร้างโครงข่ายหมูดหลักฐานทางราบ (horizontal control points) และหมูดหลักฐานทางดิ่ง (vertical control points) หรือเป็นทั้งสองอย่าง (full control points) ใช้เป็นหมุดอ้างอิงสำหรับงานสำรวจอื่น ๆ (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2549)

2) งานสำรวจภูมิประเทศ (Topographic Surveys)

คือ งานสำรวจเพื่อหาตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ บนผิวโลก ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่ปรากฏในธรรมชาติ หรือสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ รวมทั้งค่าระดับความสูงของพื้นที่ และนำมาเขียนเป็นแผนที่ภูมิประเทศ (topographic map) (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2549) ดังแสดงในภาพที่1.5

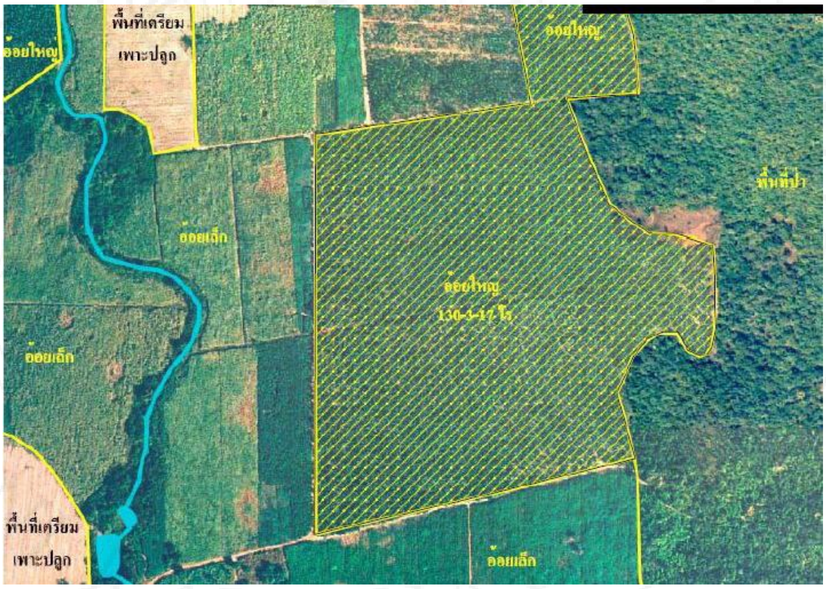


ภาพที่ 1.5 แผนที่ภูมิประเทศ

(ที่มา: https://walterpierceparkcemeteries.org/historic-maps/)

3) งานสำรวจแปลงที่ดิน (Cadastral Surveys)

งานสำรวจเพื่อกำหนดแนวเขตหรือขอบเขตที่ดินเพื่อจัดทำกรรมสิทธิที่ดินตามกฎหมาย



ภาพที่ 1.6 งานสำรวจแปลงที่ดิน

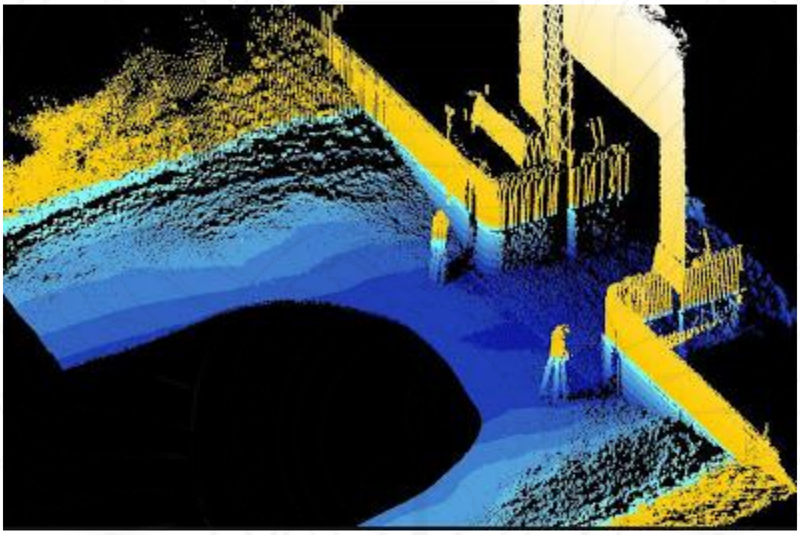
(ที่มา: www.ajarnveerapong.com)

4) งานสำรวจทางวิศวกรรม (Engineering Surveys)

งานสำรวจที่เกี่ยวข้องกับงานทางด้านวิศวกรรมโครงการต่าง ๆ ได้แก่ การวางผัง การให้แนว การวางตำแหน่งสิ่งปลูกสร้างตามการออกแบบ รวมทั้งการสำรวจเก็บรายละเอียดสภาพความเป็นจริงหลังจากการดำเนินงานก่อสร้างเสร็จแล้ว เพื่อจัดทำแบบขั้นสุดท้ายที่ เรียกว่า “แบบก่อสร้าง (as-built drawings)” (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2549)

5) การสำรวจชลศาสตร์ (Hydrographic Surveys)

งานสำรวจขอบเขตชายฝั่งทะเล ความลึกท้องน้ำต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น แม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ ทะเลและมหาสมุทร เพื่อจัดทำแผนที่ร่องน้ำใช้ในการเดินเรือ



ภาพที่ 1.7 การสำรวจทางชลศาสตร์

(ที่มา: http://geomatics-tech.blogspot.com)

6) การสำรวจเส้นทาง (Route Surveys)

งานสำรวจเพื่อการออกแบบก่อสร้างประเภทเส้นทางต่าง ๆ เช่น ถนน คลองส่งนา อุโมงค์ การวางท่อ เป็นต้น



ภาพที่ 1.8 การสำรวจเส้นทาง

(ที่มา : www.matichon.co.th)

7) การสำรวจเหมืองแร่ (Mine Surveys)

งานสำรวจสำหรับการทำเหมืองไม่ว่าจะเป็นเหมืองเปิดบนดิน หรือเหมืองใต้ดิน

8) การสำรวจงานอุตสาหกรรม (Industrial Surveys)

งานสำรวจที่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูงมากในการติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ หรือเครื่องจักรทางด้านอุตสาหกรรมเพื่อการผลิต

9) การสำรวจงานอุตสาหกรรม (Industrial Surveys)

งานสำรวจที่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูงมากในการติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ หรือเครื่องจักรทางด้านอุตสาหกรรมเพื่อการผลิต

1.3. องค์ประกอบที่สำคัญในการทำงานสำรวจ

การทำงานสำรวจมีองค์ประกอบในการทำงาน 3 ส่วนคือ ช่างสำรวจ เครื่องมือ และวิธีการทำงาน เพื่อให้งานบรรลุเป้าหมาย องค์ประกอบทั้ง 3 จะต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญหรือลักษณะที่ดีดังนี้

1.3.1 ช่างสำรวจ งานสำรวจหรือรังวัด เป็นงานวิชาชีพที่ผู้ปฏิบัติต้องมีความรู้อย่างดีในทางคณิตศาสตร์ เช่น เรขาคณิต ตรีโกณมิติ และต้องได้รับการฝึกฝนทางด้านเทคนิคให้เกิดความชำนาญในการใช้ เครื่องมือ นอกจากความรู้ ช่างสำรวจยังต้องมีไหวพริบปฏิภาณในการตัดสินใจแก้ปัญหาทางเทคนิค และปัญหาทั่วไปด้วยตัวเอง เพราะงานสนามอาจอยู่ในท้องที่ห่างไกลหาคน

ปรึกษาได้ยาก ต้องเป็นคน ละเอียดถี่ถ้วน มีความอดทน และมีความซื่อสัตย์ต่อข้อมูลที่วัดได้ และยังต้องมีทำทีที่ดี เป็นมิตรในการติดต่อคับบุคคลอื่น

1.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้วัดต้องให้ค่าความถูกต้องหรือความละเอียดของค่าการวัดเหมาะสมกับงาน ก่อนที่จะเริ่มทำงานสนามควรมีการประมาณค่าความถูกต้องหรือความละเอียดของการวัดและกำหนดชนิดเครื่องมือที่ใช้ให้เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดการใช้เครื่องมือที่ละเอียดและวัดละเอียดจนเกินความจำเป็นของงานนั้น และเครื่องมือที่ใช้จะต้องตรวจสอบและปรับแก้ก่อนนำไปใช้ ส่วนเครื่องมืองานสำนักงานปัจจุบันได้มีการนำอุปกรณ์ที่ทันสมัยมาใช้ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์หรือเครื่องวาดภาพ อุปกรณ์ที่ทันสมัยเหล่านี้จะช่วยลดเวลาในการทำงานและ ลดความ ผิดพลาด ให้ผลงานที่มีคุณภาพมากขึ้น

1.3.3 วิธีการทำงาน การเลือกวิธีทำงานขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการวัด กล่าวคือผลงานที่ได้จะนำไปใช้ในกิจกรรมใด นอกจากนั้นการเลือกใช้เครื่องมือและประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานก็จะมีผลต่อวิธีการทำงานที่ต่างกัน อย่างไรก็ดีการทำงานจะต้องพิจารณาหรือคำนึงถึงหลักการที่สำคัญดังนี้

1) ตำแหน่งของจุดใดๆในสนาม สามารถหาได้โดยการวัดออกไปจากจุดสองจุดที่รู้ตำแหน่ง หรือวัด จากจุดที่รู้ตำแหน่งจุดหนึ่งโดยมีเส้นอ้างอิงเส้นหนึ่ง และจะต้องวัดอย่างน้อยสองค่า

2) จุดที่ทำการวัดอาจเป็นจุดควบคุมหรือจุดรายละเอียด การรังวัดจุดควบคุมต้องทำก่อนซึ่งมักจะวาง เป็นโครงข่ายครอบคลุมพื้นที่ใหญ่ แล้วจึงรังวัดส่วนย่อยหรือเก็บรายละเอียด

3) ต้องระลึกไว้เสมอว่าไม่มีการรังวัดใดๆที่ให้ผลถูกต้องอย่างสมบูรณ์ดังนั้นควรมีการตรวจสอบผลที่ได้จากการวัดในสนามเสมอ

1.4. ลักษณะของงานสำรวจ

งานสำรวจโดยทั่วไปจะประกอบด้วยงาน 2 ลักษณะ คือ งานสนาม และ งานสำนักงาน ทั้งงานสนามและงานสำนักงานต่างมีความสำคัญไม่น้อยกว่ากัน ถึงแม้ลักษณะของงานทั้งสองจะต่างกัน

1.4.1 งานสนาม เป็นการนำเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ไปทำการวัดหรือเก็บข้อมูลในสถานที่ที่ต้องการสำรวจ และบันทึกค่าที่วัดได้ลงในสมุดสนาม ขั้นตอนการทำงาน ได้แก่

1) วางแผนการทำงานโดยการสำรวจสังเขปดูพื้นที่ทั่วๆไป เพื่อพิจารณาเลือกวิธีการรังวัดเครื่องมือที่ จะใช้ตำแหน่งจุดตั้งเครื่องมือวัดรวมทั้งการสร้างหมุดด้วย

2) ทำการรังวัด คือ การวัดระยะทาง วัดมุม วัดระดับ ฯลฯ

3) จดบันทึกข้อมูลที่วัดได้ให้เป็นระบบและเป็นระเบียบ

1.4.2 งานสำนักงาน เป็นงานประมวลข้อมูลที่ได้จากงานสนาม ขั้นตอนการทำงาน ได้แก่

1) ตรวจสอบข้อมูลที่วัดได้

2) คำนวณเปลี่ยนค่าที่วัดได้ในสนามมาเป็นค่าที่จะนำไปใช้งาน

3) ร่าง หรือ เขียนต้นแบบ แผนผัง แผนที่ ลงในกระดาษตามมาตราส่วนที่กำหนด

4) อาจต้องคำนวณ พื้นที่ ปริมาตร หรือค่าอื่นๆ กำกับลงในแผนผังหรือแผนที่นั้นด้วย

1.5 สมุดสนาม

การวัดทั้งหลายที่กระทำจะต้องบันทึกไว้ทันทีในสมุดสนามที่มีคุณภาพดี การบันทึกข้อมูลจะต้องชัดเจน สมบูรณ์ สามารถดีความได้ง่ายและถูกต้อง โดยอาจบันทึกเป็นตาราง ภาพร่าง หรือข้อความบรรยาย ขั้นตอนของการดำเนินงานควรจะเป็นไปตามลำดับตั้งแต่การรังวัด บันทึกข้อมูลและตรวจสอบค่าที่บันทึก

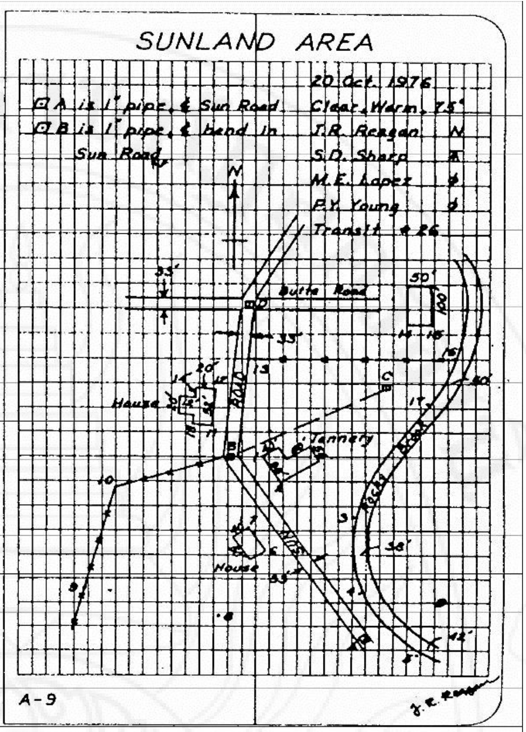
ปัจจุบันถึงแม้ว่าการบันทึกค่าการวัดมักจะเก็บในอุปกรณ์เก็บข้อมูลเมื่อใช้เครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์ แต่ อย่างไรก็ตามก็ยังไม่สามารถทดแทนการบันทึกข้อมูลในสมุดสนามได้ทั้งหมด โดยเฉพาะภาพร่างและข้อมูล เชิงบรรยาย การบันทึกในอุปกรณ์เก็บข้อมูลจึงเหมาะกับข้อมูลในเชิงตัวเลขมากกว่า

นอกจากการบันทึกค่าการวัดแล้ว ยังควรมีการบันทึกข้อมูลอื่นประกอบด้วย ได้แก่

- วัน เวลา ที่เริ่มงานและเลิกงาน
- สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปในวันนั้น
- รายชื่อผู้ร่วมงาน และหน้าที่ของแต่ละคน
- ชนิดเครื่องมือ หมายเลขประจำเครื่องมือที่ใช้ในการวัด

STADIA SURVEY

Station	Stadia Interval	Azimuth	Vert. ∡ or Rod R.	Horiz. Dist.	Elev.
	⊼@⊡B,	Elev.	177.42,	h.i. = 5.0	
⊡A	6.74	148°04′	-0°34′	675	170.7
⊡C	4.21	60°12′	-1°35′	422	165.8
1	0.91	90°45′	8.3	92	174.1
2	1.66	120°20′	-2°12′	167	171.0
3	3.15	126°30′	-2°06′	316	165.9
4	4.60	143°45′	-1°23′	461	166.0
5	7.85	141°30′	-0°38′	786	168.7
6	2.47	167°20′	8.6	248	173.8
7	1.97	172°20′	9.6	198	172.8
8	4.99	181°15′	3.2	500	179.2
9	5.79	221°45′	+1°02′	580	187.8
10	3.47	256°00′	+1°50′	348	188.5
11	1.17	342°05′	2.4	118	180.0
12	1.71	350°15′	2.4	172	180.0
⊡D	4.49	6°10′	5.2	450	177.2
⊡A	6.74	148°04′	-0°34′	675	170.7
	⊼@⊡C,	Elev.	165.77,	h.i. = 5.2	
⊡B	4.20	240°12′	+1°34′	421	177.3
13	3.21	286°00′	+2°01′	322	177.1
14	2.36	32°05′	8.5	237	162.5
15	2.60	41°50′	10.0	261	161.0
16	4.59	68°30′	-1°22′	460	154.8
					Plate



ภาพที่ 1.9 การจดบันทึกสมุดสนาม

ข้อแนะการบันทึกสมุดสนาม

1) ควรเป็นสมุดปกแข็ง ใช้ดินสอไส้แข็ง 2-4H หรือปากกาลูกลื่น

2) ควรขึ้นหน้าใหม่เมื่อเริ่มงานในแต่ละวัน

3) เขียนเป็นตัวๆไม่เขียนหวัดให้เป็นแนวตรงกันอย่าเขียนเลยช่อง

4) เขียนขนาดสม่ำเสมอ สูงครึ่งบรรทัด และไม่ชิดกันมากไป

5) เขียนจุดทศนิยมและตัวเลขศูนย์ให้ครบ

6) การเขียนแผนผังพยายามให้สัดส่วนถูกต้องพอประมาณ

7) ภาพร่างหรือแผนผังควรเขียนทิศเหนือโดยประมาณกำกับ

8) ใช้สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายในแบบร่างให้มาก

9) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตัวเลขที่บันทึกบ่อยๆเท่าที่ทำได้

10) ไม่ลบข้อมูลที่ผิดทิ้งแต่ให้ขีดคร่อมและเขียนตัวที่ถูกไว้ข้างบน

1.6 หน่วยการวัด

งานรังวัด การวัดส่วนมาก คือ การวัดระยะทางและวัดมุม หน่วยการวัดมีหลายหน่วยแตกต่างกันไป สำหรับประเทศไทยมีการใช้หน่วยในการวัดระยะทางและวัดมุม ดังนี้

1.6.1 หน่วยระยะทาง โดยทั่วไปการวัดระยะทางจะใช้หน่วย เมตร เป็นหน่วยในระบบเมตริก ฉะนั้น ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับระยะทางก็จะใช้หน่วยในระบบเมตริกเช่นเดียวกับระยะทาง เช่น พื้นที่ขนาดเล็ก ใช้หน่วยตารางเมตร ใช้หน่วยตารางกิโลเมตรสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ และใช้หน่วยลูกบาศก์เมตร สำหรับปริมาตร

แต่การรังวัดที่ดิน หน่วยที่ใช้ในในเอกสารแสดงกรรมสิทธิ์ที่ดินจะใช้หน่วยวัดในระบบไทย คือ หน่วยระยะทางใช้ เส้น วา หน่วยพื้นที่ใช้ไร่ งาน ตารางวา

1) ระบบอังกฤษ

กำหนดหน่วยของระยะเป็น นิ้ว ฟุต หลา และไมล์โดยกำหนดค่าไว้ดังนี้

12 นิ้ว	=	1 ฟุต
3 ฟุต	=	1 หลา
1,760 หลา	=	1 ไมล์

ระยะ 1 ไมล์ในที่นี้เป็นไมล์บนผิวดิน เมื่อเทียบเป็นฟุตแล้วจะยาว 5,200 ฟุต แต่ถ้าเป็นระยะไมล์ทะเล จะมีความยาว 6,080 ฟุต ยาวกว่าไมล์ผิวดิน 800 ฟุต

2) ระบบเมตริก

กำหนดหน่วยของระยะไว้ดังนี้

10 มิลลิเมตร	=	1 เซนติเมตร
10 เซนติเมตร	=	1 เดซิเมตร
10 เดซิเมตร	=	1 เมตร
10 เมตร	=	1 เดคาเมตร
10 เดคาเมตร	=	1 เฮกโตเมตร
10 เฮกโตเมตร	=	1 กิโลเมตร

แม้ว่าหน่วยระบบเมตริกจะแบ่งหน่วยของระยะเป็นส่วนย่อยดังกล่าว แต่ในประเทศไทยนิยมใช้เพียงบางส่วนเท่านั้น คือ มิลลิเมตร เซนติเมตร เมตร กิโลเมตร ขึ้นอยู่กับความยาวของระยะ เช่น ถ้าระยะสั้นจะวัดเป็นมิลลิเมตร เซนติเมตร หรือเมตร แต่ระยะยาวจะวัดเป็นกิโลเมตร

3) ระบบ SI unit หรือ The International System of Unit

เป็นหน่วยวัดที่ใช้กันทั่วโลกโดยใช้หน่วยวัดต่างๆเป็นหน่วยเดียวกัน ระยะหรือความยาวเป็นหน่วยพื้นฐาน(SI base Unit) หน่วยหนึ่งของระบบ SI Unit มีหน่วยเป็นเมตร ใช้สัญลักษณ์ m ถ้าหากเป็นระยะยาวจะใส่ตัวอักษรนำหน้า หรือใช้ตัวเลขยกกำลังประกอบ เช่น

50 เมตร	=	50 m
500 เซนติเมตร	=	1 เดซิเมตร
10 เดซิเมตร	=	1 เมตร
10 เมตร	=	1 เดคาเมตร
10 เดคาเมตร	=	1 เฮกโตเมตร
10 เฮกโตเมตร	=	1 กิโลเมตร

หน่วยวัดในระบบไทย มีความสัมพันธ์และเทียบกับระบบเมตริกได้ดังนี้

1	วา	=	2	เมตร
1	ตารางวา	=	4	ตารางเมตร
1	ไร่	=	1600	ตารางเมตร

1.6.2 หน่วยมุม เครื่องมือวัดมุมมีหลายชนิด แต่หน่วยที่ใช้ในการวัดหลักมี 2 ระบบ คือ วัดเป็น องศา หรือ เกรด และมีอีกระบบหนึ่งที่ไม่ปรากฏว่ามีการใช้ในอุปกรณ์เครื่องมือวัดมุม แต่ที่ใช้มากในการคำนวณ คือ เรเดียน

1) ระบบองศา มีหน่วยมุมเป็น องศา ลิปดา ฟิลิปดา *(Degree, Minute, Second)* ใช้สัญลักษณ์ ° ′ ″ ขนาดของมุมรอบจุดหรือวงกลมเท่ากับ *360* องศา และแต่ละหน่วยใหญ่จะแบ่งเป็น 60 หน่วยย่อยถัดไปคือ

1	องศา	=	60	ลิปดา
1	ลิปดา	=	60	ฟิลิปดา
1	องศา	=	3600	ฟิลิปดา

2) ระบบเกรด(Centesimal system) การแบ่งช่องรอบวงกลมทั้งหมด 400 ช่อง เรียกช่องละ 1 เกรด หรือ กอน (gon) และแบ่งเป็นช่องย่อยอีก 100 ช่อง เรียกว่า “Centesimal Minute) แต่ละช่องยังแบ่งอีก 100 ช่องเรียกว่า “Centesimal second”

3) ระบบเรเดียน *(Radian)* ขนาดมุมเรเดียนเท่ากับลัดส่วนของความยาวส่วนโค้งวงกลมกับรัศมีวงกลม ที่มีจุดยอดมุมเป็นจุดศูนย์กลางวงกลม ฉะนั้นมุมเรเตียนเปรียบเสมือนไม่มีหน่วย ขนาดของมุมรอบ จุดเท่ากับ 2¶ เรเดียน

มุมเรเดียนมีบทบาทมากในการคำนวณ 2 กรณี คือ

(1) การเปลี่ยนมุมในหน่วยทีวัดได้ เช่น องศาเป็นเรเตียน เพื่อใช้ฟังชันมุม (sine, *cos, tan)* ใน โปรแกรมคอมพิวเตอร์

(2) การจัดการหน่วยในการคำนวณเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อน การเปลี่ยนมุมเล็กๆในหน่วยฟิลิปดา เป็นเรเตียน โดยการคูณด้วย sine *1"* หรือหารด้วย 206265 (เท่ากับ 1/60 x1/60 x¶/180)

1.7 การวัดและความคลาดเคลื่อน

การทำงานรังวัดซึ่งประกอบไปด้วยการวัดค่าต่างๆมากมาย แต่จะไม่มีการวัดใดๆที่ได้ค่าจริง เนื่องจากในการวัดอาจมีความไม่สมบูรณ์ของเครื่องมือ มีความจำกัดของผู้ใช้เครื่องมือ และมีความไม่แน่นอนซ่อนอยู่ในวิธีการวัด ค่าการวัดที่ได้ถึงแม้จะได้จากการใช้เครื่องมือและวิธีการรังวัดที่กระทำด้วยความระมัดระวังอย่างมากที่สุดก็ยังไม่อาจได้ค่าที่แท้จริง ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องเข้าใจความคลาดเคลื่อนที่แฝงอยู่ในขณะทำการวัด ต้องคำนวณขนาดค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น และสามารถจัดการความคลาดเคลื่อนนั้นได้อย่างเหมาะสม

1.7.1. การจำแนกการวัด

การทำงานรังวัดถึงแม้ว่าส่วนมากจะเป็นการวัดมุมและวัดระยะทาง แต่สิ่งที่ต้องการรู้ไม่ได้มีเพียงค่ามุมหรือค่าระยะทาง สิ่งที่ต้องการรู้อาจเป็นค่าพิกัดตำแหน่ง พื้นที่ ปริมาตร หรือความสูง และการวัดเพื่อต้องการหาสิ่งเดียวกันก็อาจใช้เครื่องมือที่ต่างกัน ฉะนั้นวิธีการวัดจะแตกต่างกันไปตามจุดประสงค์และเครื่องมือที่ใช้ การจำแนกการวัดจึงอาจพิจารณาได้ดังนี้

1).จำแนกการวัดตามวิธีการวัด แบ่งเป็น 2 ชนิด

(1) การวัดทางตรง (Direct Measurement) คือการวัดที่ใช้เครื่องมือไปทำการวัดสิ่งที่ต้องการรู้โดยตรง เช่น การวัดระยะทางโดยใช้แถบวัดระยะเพื่อหาระยะทางระหว่างจุดสองจุด การหาทิศทางของแนวเส้นตรงโดยใช้เข็มทิศ เป็นต้น การวัดทางตรงจะให้ความถูกต้องสูงกว่าการวัดทางอ้อม ฉะนั้นการวัดทางตรงจึงเป็นวิธีการวัดที่เหมาะกับการวัดจุดควบคุม (Control point)

(2) การวัดทางอ้อม (Indirect Measurement) คือการวัดที่ใช้เครื่องมือไปทำการวัดส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการรู้แล้วคำนวณหาสิ่งที่ต้องการรู้จากค่าที่วัด เช่น การหาระยะราบระหว่างจุดสองจุดที่อยู่บนพื้นเอียงโดยวัดระยะตามพื้นเอียงและค่าต่างระดับระหว่างจุดทั้งสอง แล้วคำนวณหาระยะราบระหว่างจุดทั้งสอง การหาความสูงของหอสูงโดยวัดมุมเงยและระยะทางจากจุดที่วัดถึงหอสูง แล้วคำนวณหาความสูงของหอ การวัดระยะแล้วคำนวณหาพื้นที่ เป็นต้น

การวัดทางอ้อมจะให้ความถูกต้องต่ำกว่าการวัดทางตรง แต่มีความสะดวกหรือทำงานได้เร็วกว่า ฉะนั้นการวัดทางอ้อมจึงเป็นวิธีการวัดที่เหมาะกับการวัดจุดรายละเอียด *(Detail point)*

1.7.2 **จำแนกการวัดตามความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้** แบ่งเป็น 2 ชนิด

1) การวัดเชิงเงื่อนไข (Condition Observation) เป็นการวัดค่าที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น การวัดมุมภายในของรูป n เหลี่ยม จะมีกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องเป็นไป คือ ผลรวมของมุมภายในจะต้องเท่ากับ 180(n-2) การวัดเชิงเงื่อนไขจะสามารถคำนวณระดับความถูกต้องของงานที่ได้ ฉะนั้นการวัดเชิงเงื่อนไขจึงเป็นวิธีการวัดที่เหมาะกับการวัดจุดควบคุม

2) การวัดเชิงอิสระ (Independent Observation) เป็นการวัดค่าต่างๆที่ไม่อยู่ภายใต้กฎเกณฑ์หรือเงื่อนไขที่บังคับ เช่น การวัดมุมดิ่ง การวัดมุมราบหรือการวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุด เป็นต้น การวัดเชิงอิสระจะไม่สามารถคำนวณระดับความถูกต้องของงานที่ได้ ฉะนั้นการวัดเชิงอิสระจึงเป็นวิธีการวัดที่เหมาะกับการวัดจุดรายละเอียด

1.8. ความคลาดเคลื่อน (Errors)

ความคลาดเคลื่อน คือ ความแตกต่างระหว่างค่าการวัดกับค่าจริงของสิ่งเดียวกัน ความคลาดเคลื่อนมีขนาดเท่ากับค่าการวัดได้ลบด้วยค่าจริง ฉะนั้นค่าการวัดที่มากกว่าค่าจริงจะมีค่าคลาดเคลื่อนเป็นบวก และตรงข้ามค่าดลาดเคลื่อนเป็นลบจะได้จากค่าการวัดที่น้อยกว่าค่าจริง

การวัดปริมาณที่สำคัญ เช่น การรังวัดหมุดควบคุมอาจจะทำการวัดมากกว่าครั้งเดียว การวัดของสิ่งหนึ่งด้วยวิธีการวัดที่ต่างกัน หรือวัดซ้ำกันหลายครั้งผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้เรียกว่า ค่าแย้ง (Discrepancy) และผลต่างของค่าที่วัดได้กับค่าเฉลี่ยเรียกว่า เศษเหลือ (Residual)

โดยทั่วไปในงานรังวัดค่าจริงของสิ่งที่ทำการวัดมักไม่รู้ค่า แต่การวัดที่เป็นการวัดเชิงเงื่อนไขค่าจริงก็คือเงื่อนไขที่ต้องเป็น ค่าที่ต่างออกไปจากเงื่อนไขนั้นจึงเป็นค่าคลาดเคลื่อน การวัดเชิงเงื่อนไขจึงสามารถตรวจสอบคุณภาพการทำงานได้โดยการหาขนาดของความคลาดเคลื่อนและความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดนั้น

1.8.1 ชนิดของความคลาดเคลื่อน การดำเนินงานอย่างเหมาะสมทำได้เพียงลดค่าคลาดเคลื่อนที่จะ เกิดขึ้นเท่านั้น แต่ไม่สามารถกำจัดความคลาดเคลื่อนให้หมดไปได้ การจัดการอย่างถูกต้องกับ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งจำเป็น ฉะนั้นจึงต้องเข้าใจลักษณะของความคลาดเคลื่อนต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1) ค่าผิดพลาด (Mistake or Blunder) เป็นค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นโดยไม่ตั้งใจ มักเกิดจากความสะเพร่าไม่รอบคอบของผู้ปฏิบัติงาน เช่น การอ่านค่าผิด การจดค่าผิด ค่าคลาดเคลื่อนชนิดนี้จะมีขนาดใหญ่และทำให้งานเสียหายมาก หากตรวจหาไม่พบจะต้องทำการรังวัดใหม่ ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวัดเชิงเงื่อนไขจะตรวจสอบพบได้ไม่ยากเพราะจะมีขนาดใหญ่จนผิดสังเกตุ ถ้า

เป็นการวัดเชิงอิสระจะตรวจพบได้ยาก ฉะนั้นงานรังวัดที่มีความสำคัญ เช่น การรังวัดหมุดควบคุม จะเป็นการวัดเชิงเงื่อนไขหรือจะต้องมีการวัดเพิ่มจากการวัดที่ทำตามปกติเพื่อตรวจสอบค่าผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น งานรังวัดที่ทำให้เกิดความเสียหายมักเกิดจากค่าผิดพลาด การแก้ไข ค่าผิดพลาดสามารถแก้ไขโดยการ ตรวจสอบ ค้นหา และเมื่อพบจะตัดทิ้งไป ถ้าจำเป็นก็ทำการวัดค่าที่ตัดทิ้งไปนั้นใหม่

2) ความคลาดเคลื่อนมีระบบ (Systematic Error) เป็นค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างมีกฎเกณฑ์ ค่าคลาดเคลื่อนมีระบบจะเป็นไปตามกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ จึงสามารถคำนวณหาขนาดค่าคลาดเคลื่อนได้ การวัดที่ได้จากการวัดย่อยๆหลายค่าผลของค่าคลาดเคลื่อนรวมจะเป็นค่าสะสมของค่าคลาดเคลื่อนจากการวัดย่อยๆนั้น คือความคลาดเคลื่อนมีระบบจะมีเครื่องหมายในทิศทางเดียวกัน ความคลาดเคลื่อนมีระบบแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

(1) ความคลาดเคลื่อนมีระบบแบบคงที่ ค่าคลาดเคลื่อนจะมีขนาดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม เช่น แถบวัดระยะที่ความยาวไม่ได้มาตรฐาน

(2) ความคลาดเคลื่อนมีระบบแบบเปลี่ยนแปลง ค่าคลาดเคลื่อนจะมีขนาดเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป เช่น แถบวัดระยะโลหะยืดเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น การแก้ไข การจัดการค่าคลาดเคลื่อนมีระบบมี 2 วิธี คือ

(ก) คำนวณหาขนาดของค่าคลาดเคลื่อน นำค่าที่ได้ไปปรับแก้ค่าการวัดเพื่อให้เป็นค่าที่ถูกต้อง การจัดการค่าคลาดเคลื่อนขึ้นอยู่กับระดับความถูกต้องของงานที่ต้องการ ถ้าความถูกต้องของงานไม่สูงอาจไม่จำเป็นต้องคำนวณหาแต่ใช้วิธีการทำงานที่ลดค่าคลาดเคลื่อนได้

(ข) ใช้วิธีการวัดที่กำจัดค่าคลาดเคลื่อนได้ เช่น การวัดมุมโดยการส่องด้วยกล้องหน้าซ้ายและขวา การทำระดับโดยการพยายามให้ระยะไม้หน้าเท่ากับระยะไม้หลัง เป็นต้น

3) ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) เป็นค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผลรวมของเหตุต่างๆที่นอกเหนือความสามารถของผู้วัดที่จะบังคับได้ เช่น ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการจรดแถบวัดระยะให้ตรงหมุดที่หมาย ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการส่องกล้องธีโอโดไลท์ให้แนวเล็งตรงจุดหมายเดิมทุกครั้ง เป็นต้น ลักษณะของความคลาดเคลื่อนสุ่มจะเป็นไปตามกฎความน่าจะเป็น การแก้ไข ความคลาดเคลื่อนสุ่มไม่สามารถกำจัดให้หมดไปได้ การจัดการความคลาดเคลื่อนสุ่มต้องใช้ความรู้ทางสถิติและทฤษฎีของความน่าจะเป็นคำนวณขนาดค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่าคลาดเคลื่อนสุ่มที่เป็นไปได้ ซึ่งจะกล่าวในข้อต่อไป

1.8.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ในงานรังวัดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจาก สาเหตุเดียวหรือเกิดจากสาเหตุหลายประการแฝงรวมกันอยู่ในค่าที่วัดได้ เพื่อให้ได้ค่าการวัดที่ดี มีความคลาดเคลื่อนแฝงอยู่น้อยที่สุด จะต้องเข้าใจต้นเหตุที่ทำให้การวัดมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 สาเหตุ คือ

1) ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องมือ (Instrument Error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความไม่สมบูรณ์หรือไม่ถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้วัด เช่น แถบวัดระยะยาวไม่เท่ากับความยาวมาตรฐาน กล้องธีโอโดไลท์มี Index error หรือกล้องระดับมีแนวเล็งไม่อยู่ในแนวราบ เป็นต้น

2) ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผู้วัด (Personal Error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจาก ข้อจำกัดหรือความไม่รอบคอบของผู้วัดและผู้ร่วมงาน เช่น ความสามารถของผู้วัดในการเล็งจุดเป้าหมายหรือความสามารถของผู้วัดในการหมุนไมโครมิเตอร์เพื่ออ่านค่ามุมละเอียดถึงวิลิบดา ผู้วัดแต่ละคนไม่สามารถกระทำได้หมือนกันถึงแม้จะใช้เครื่องมืออุปกรณ์ชุดเดียวกันก็ตาม

3) ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากธรรมชาติ (Natural Error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจาก การเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น การเปลี่ยนอุณหภูมิของสภาพภูมิอากาศระหว่างทำงานวัดระยะทางด้วยแถบวัดโลหะทำให้แถบวัดระยะโลหะเกิดการยืดหดตัว หรือคลื่นความร้อนทำให้ภาพวัตถุที่มองผ่านกล้องสำรวจสั่นพลิ้ว ยากแก่การหมายสายใยเล็งให้ตรงจุดหมาย หรืออ่านค่าไม้ระดับได้ลำบาก

1.9. ความถูกต้อง (Accuracy) กับความละเอียด (Precision)

1.9.1 ความถูกต้อง หมายถึงระดับความใกล้เคียงของค่าที่วัดหรือคำนวณได้ กับค่าจริงของสิ่งที่วัด ขนาดของความถูกต้องแสดงด้วยอัตราส่วนระหว่างค่าคลาดเคลื่อนกับค่าจริง การวัดเชิงอิสระโดยทั่วไปจะไม่รู้ค่าจริง ในบางการณีการหาความถูกต้องจะอนุโลมให้ค่าที่ได้จากเครื่องมือที่ดีกว่า เป็นค่าจริงแทน เช่น ใช้ค่าระยะที่ได้จากการวัดด้วยแถบวัดเป็นค่าจริงในการหาความถูกต้องของ การวัดระยะด้วยก้าว

1.9.2 ความละเอียด หมายถึงระดับความประณีตในการทำการวัดหนึ่ง ความละเอียดพิจารณาได้ใน สองลักษณะ คือ ลักษณะแรกหมายถึงความสามารถในการวัดได้หน่วยที่เล็กมากเพียงใด เช่น การวัดระยะทางด้วยแถบวัดโดยอ่านค่าระยะที่วัดได้ถึงหน่วยมิลลิเมตรถือว่ามีความละเอียดสูง กว่าการวัดโดยวิธีเดียวกันแต่อ่านค่าระยะเพียงหน่วยเซ็นติเมตร ลักษณะที่สองใช้สำหรับการวัดที่ กระทำซ้ำๆกัน ความละเอียดจะหมายถึงระดับความใกล้เคียงของที่วัดได้กับค่าเฉลี่ยของการวัด ซ้ำๆกันนั้น คือความละเอียดจะพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวัดชุดที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานขนาดเล็กจะมีค่าความละเอียดสูงกว่าการวัดชุดที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานขนาดใหญ่กว่า การวัดใดที่เป็นการวัดเชิงอิสระซึ่งไม่รู้ค่าจริง สามารถตรวจสอบคุณภาพการทำงานได้โดยการหา ความละเอียดของผลที่ได้จากการวัดนั้น

ผลการวัดใดๆที่มีความละเอียดสูงกว่าไม่จำเป็นว่าจะต้องมีความถูกต้องสูงกว่าเสมอ เพราะผลการวัดนั้นอาจมีความคลาดเคลื่อนที่มีระบบแฝงอยู่ เช่น การวัดระยะทางอย่างพิถีพิถันด้วยแถบวัดระยะที่ความยาวไม่เท่าความยาวมาตรฐาน ค่าระยะทางที่ได้ย่อมผิดจากค่าที่เป็นจริง ถือว่าเป็นการวัด

ที่มีความละเอียดสูงแต่มีความถูกต้องต่ำ โดยทั่วไปถ้าไม่มีความคลาดเคลื่อนที่มีระบบแฝงอยู่ในผลการวัด การวัดที่มีความละเอียดสูงจะมีความถูกต้องสูง

1.10 สรุปประจำบท

วิชาการสำรวจเป็นวิชาที่สอนให้รู้ถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลของลักษณะภูมิประเทศด้วยวิธีการต่างๆ โดยนักสำรวจเองจะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสม รวมทั้งเลือกเครื่องมือในการทำการสำรวจอย่างถูกต้อง ประหยัดและคุ้มค่ากับการสำรวจในแต่ละครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขอบเขตของงานสำรวจ พื้นที่ และเกณฑ์งานด้วย แล้วนำผลที่ได้จากภาคสนามมาแสดงในรูปของแผนที่ แผนผัง หรือแปลนต่างๆตามความเหมาะสม การสำรวจจึงเป็นงานพื้นฐานของงานอื่นๆเพราะเป็นการรวบรวมข้อมที่จำเป็น เพื่อใช้ในการพิจารณาวางแผนงานหรือออกแบบก่อสร้างอื่นๆต่อไป

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. การสำรวจเพื่อกำหนดตำแหน่งของจุดต่างๆที่จะใช้เป็นหมุดควบคุมหรือตำแหน่งอ้างอิงสำหรับงานสำรวจชนิดอื่นต่อไป ควรเป็นการสำรวจประเภทใด และมีลักษณะอย่างไร

2. ในการดำเนินงานสำรวจนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักๆได้แก่ งานสนาม (Field Works) และงานภายในสำนักงาน (Office Works) จงอธิบายว่า งานในสองขั้นตอนนี้แตกต่างกันอย่างไร

3. จงอธิบายความสำคัญของงานสำรวจมาอย่างน้อย 5 ข้อ

4. จงอธิบายความหมายของ ความถูกต้อง (Accuracy) และ ความละเอียด(Precision)

5. ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในงานวิศวกรรมสำรวรมีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง จงอธิบาย

เอกสารอ้างอิง

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด (ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอคทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S K Duggal . 2008 . **Surveying** (volume 1) . 2 nd . Tata McGraw – Hill , New delhi

https://walterpierceparkcemeteries.org/historic-maps/.jpg

www.ajarnveerapong.com

http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GRACE/page3.php

www.geography.hunter.cuny.edu

http:// geomatics-tech.blogspot.com

www.matichon.co.th

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2

บทนำ

หัวข้อเนื้อหา

การวัดระยะทาง

2.1 การวัดระยะทางด้วยการนับก้าว

2.2 การวัดระยะทางด้วยล้อวัดระยะ

2.3 การวัดระยะทางด้วยแถบวัดระยะ

2.4 การวัดระยะทางด้วยวิธีสเตเดีย

2.5 บทสรุป

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 2

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความรู้และทักษะดังนี้

1. อธิบายความหมายของการวัดระยะได้
2. อธิบายการวัดระยะด้วยวิธีต่างๆได้
3. สามารถวัดระยะโดยการนับก้าว และสามารถนำความยาวก้าวไปประยุกต์เพื่อวัดระยะทางได้
4. สามารถอธิบายหลักการวัดระยะด้วย โอโดมิเตอร์ได้
5. อธิบายวิธีการวัดระยะด้วยโซ่หรือเทป ได้
6. บอกวิธีบำรุงรักษาเครื่องมือในการวัดระยะทางได้
7. เข้าใจและสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะทางได้
8. จำแนกประเภทความถูกต้องกับความละเอียดได้

วิธีสอนและกิจกรรม

1. ชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหา และเกณฑ์การให้คะแนนรายวิชา
2. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบเอกสารประกอบการสอนและรูปภาพ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในแต่ละหัวข้อและเสนอแนวความคิด ก่อนข้ามหัวข้อนั้น

4. ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียน สอบถามผู้เรียนถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัย และสรุปเนื้อหาประจำบท
5. มอบหมายให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน และกำหนดวันส่ง
6. ชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนในครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนไปศึกษาก่อนล่วงหน้า
7. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน
8. แบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตามใบงานที่ได้มอบหมาย และกาหนดวันส่งรายงาน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อเอกสารประกอบการสอนอิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. ใบงาน
7. อุปกรณ์การทดลองตามใบงาน ประกอบด้วย
    7.1 ใบงานเรื่อง การวัดระยะทางด้วยความยาวก้าว
    7.2 เทปวัดระยะทางยาว 30 เมตร
8. แบบฝึกหัดท้ายบท
9. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล

1. ประเมินจากความตรงต่อเวลาของนักศึกษาในการส่งงานและเข้าเรียน
2. ประเมินจากการซักถาม-ตอบคำถาม
3. ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบท
4. ประเมินจากการปฏิบัติการในใบงาน
5. ประเมินจากรายงานของใบงาน
6. ประเมินจากผลการสอบย่อย

การประเมินผล

1. จากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จตามเวลา

2. ทำใบงานถูกต้องและครบสมบูรณ์
3. ทำแบบฝึกหัดมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

บทที่ 2 การวัดระยะทาง

(Distance Measurement)

ระยะทางระหว่างจุด 2 จุดใดๆ คือ ระยะห่างระหว่างเส้นดิ่งที่ผ่านสองจุดนั้นในงานรังวัดบนพื้นระนาบ (Plane Survey) หมายถึง ระยะราบ (Horizontal distance) หรือระยะตั้งฉากระหว่างเส้นดิ่ง 2 เส้นที่ ขนานกัน แต่ในงานรังวัดบนสัณฐานโลก (Geodetic Survey) ซึ่งเป็นงานรังวัดที่ต้องคำนึงถึงความโค้ง ของผิวโลก ระยะทางหมายถึงระยะที่วัดตามผิวระดับที่ระดับน้ำทะเลปานกลางการวัดระยะทางเป็นงานพื้นฐานของการทำงานรังวัด กล่าวได้ว่าจะต้องมีการวัดระยะทางในงานรังวัดทุกงาน การวัดระยะทางมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับความถูกต้องหรือความละเอียดของงานที่ต้องการ

2.1 การวัดระยะทางด้วยการก้าว (Pacing)

การวัดระยะทางด้วยก้าวเป็นการวัดระยะทางโดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ใดๆ เพียงอาศัย การเดินตามเส้นทางที่ต้องการรู้ค่าระยะทางก็สามารถหาระยะทางนั้นได้ เหมาะสำหรับการสำรวจสังเขป หรือใช้ตรวจสอบเพื่อหาค่าวัดที่ผิดพลาดของการวัดระยะทางโดยวิธีอื่น การวัดระยะทางโดยการก้าวเดินนี้มีวิธีปฏิบัติที่นิยมใช้กัน 2 วิธีคือ

2.1.1 การวัดระยะทางโดยการนับก้าว เป็นการวัดระยะทางโดยนับจำนวนก้าวของผู้วัดที่เดินไป จากจุดเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง การหาระยะก้าวสามารถทำได้หลายวิธี คือ

1) นับในใจ

2) นับโดยใช้ Pedometer ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับกดนับจำนวน เมื่อกดหนึ่งครั้งตัวเลขที่เครื่องจะเพิ่มจำนวนขึ้นทีละ 1 ครั้ง



ภาพที่ 2.1 เครื่องมือกดนับจำนวน (Pedometer)

(ที่มา : www.itandhome.com)

3) นับโดยใช้ Passometer ซึ่งเป็นเครื่องมือนับจำนวน มีลักษณะคล้ายนาฬิกาเวลา ใช้จะใส่ไว้ในกระเป๋าหรือติดที่เท้าข้างใดข้างหนึ่ง เมื่อก้าวไป 1 ก้าว ตัวเลขก็จะขึ้นทีละ 1 โดยอัตโนมัติ

หลังจากนับก้าวด้วยวิธีต่างๆจากข้างต้นแล้ว นำมาคำนวณความยาวก้าวเฉลี่ยจาก

$$\text{ระยะทาง} = \text{จำนวนก้าว} \times \text{ค่าระยะก้าว} \quad (2.1)$$

ตัวอย่าง 2.1 การหาความยาวก้าวโดยการเดินนับก้าวแบบนับในใจ โดยใช้ระยะทางในการเดิน 100 เมตร ได้ความยาวก้าวครั้งที่ 1 นับได้ 130 ก้าว ครั้งที่ 2 นับได้ 131 ก้าว และครั้งที่ 3 นับได้ 131 ครั้ง

วิธีทำ

$$\text{ครั้งที่ 1 ความยาวก้าว} = \frac{\mathbf{100}}{\mathbf{130}} \frac{\text{เมตร}}{\text{ก้าว}} = 0.769 \text{ เมตร}$$

$$\text{ครั้งที่ 2 ความยาวก้าว} = \frac{\mathbf{100}}{\mathbf{131}} \frac{\text{เมตร}}{\text{ก้าว}} = 0.763 \text{ เมตร}$$

$$\text{ครั้งที่ 3 ความยาวก้าว} = \frac{\mathbf{100}}{\mathbf{131}} \frac{\text{เมตร}}{\text{ก้าว}} = 0.763 \text{ เมตร}$$

$$\text{ดังนั้น ความยาวก้าวเฉลี่ย} = 0.765 \text{ เมตร}$$

ข้อควรสนใจ

ก) ผู้วัดจะต้องผ่านการฝึกฝนเพื่อสามารถก้าวเดินโดยมีค่าระยะก้าวแต่ละก้าวสม่ำเสมอ และต้องรู้ ค่าระยะก้าวของตนเอง การหาระยะก้าวทำโดยเดินนับจำนวนก้าวบนแนวที่รู้ระยะทาง

ข) ในการเดินนับก้าวคือ ยิ่งเดินนานก้าวจะสั้นลง การเดินลงเนินก้าวจะยาวกว่าปกติ หรือถ้าเดิน ขึ้นเนินถ้าวจะสั้นกว่าปกติ ฉะนั้นการวัดระยะในที่ลาดเอียงโดยการเดินไปและเดินกลับแล้ว เฉลี่ยค่าระยะทางที่ได้ จะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากขึ้น

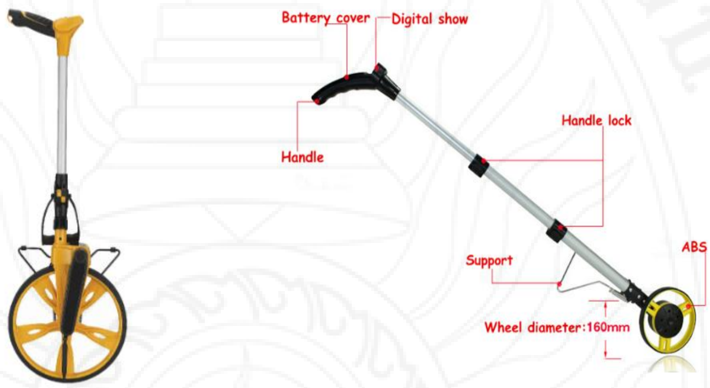
2.1.2 การวัดระยะทางโดยการจับเวลาเดิน เหมาะสำหรับการหาระยะทางที่ค่อนข้างไกล ไม่เหมาะ กับงานทางวิศวกรรม เป็นการวัดระยะทางโดยจับเวลาเดินของผู้วัดที่เดินจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุด ปลายทาง ผู้วัดต้องก้าวเดินด้วยความเร็วสม่ำเสมอและรู้ค่าอัตราความเร็วในการเดินของตนเอง

$$\text{ระยะทาง} = \text{เวลาเดิน} \times \text{อัตราความเร็วในการเดิน} \quad (2.2)$$

2.2 การวัดระยะทางด้วยล้อวัดระยะ (Odometer)

ล้อวัดระยะ เป็นเครื่องมือวัดระยะทางชนิดหนึ่งใช้ติดกับล้อ ทำงานโดยนับจำนวนรอบการหมุนของล้อและแปลงเป็นค่าระยะทางด้วยกลไกที่สัมพันธ์กับความยาวเส้นรอบวงของวงล้อ แสดงค่าระยะทางให้ผู้วัดทราบ ที่พบเห็นโดยทั่วไป ได้แก่ล้อวัดระยะที่ติดไว้กับรถยนต์ทำให้รู้ระยะทางที่รถยนต์ได้แล่นไป การวัดระยะทางด้วยล้อวัดระยะเหมาะสำหรับการวัดความยาวของเส้นโค้ง เช่น ระยะตามโค้งถนน ความถูกต้องที่ได้ประมาณ $^{1}/_{200}$ ถ้าวัดบนพื้นที่ราบเรียบ

ข้อควรสนใจ ลักษณะในการใช้งานกรณีพื้นที่ที่วัดขรุขระหรือเป็นคลื่นผลการวัดจะคลาดเคลื่อนมาก



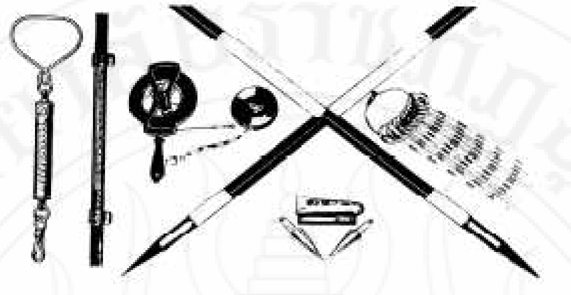
ภาพที่ 2.2 ล้อวัดระยะทาง(Odometer)

(ที่มา : www.sanpdeal.com)

2.3 การวัดระยะทางด้วยแถบวัดระยะ

การวัดระยะทางด้วยแถบวัดระยะเป็นวิธีการวัดระยะทางที่ใช้มากที่สุด เพราะเป็นวิธีการวัดที่ใช้อุปกรณ์ ง่ายๆไม่ซับซ้อนค่าที่วัดได้มีความถูกต้องตั้งแต่ 1/1,000ถึง 1/10,000 ขึ้นอยู่กับชนิดของแถบวัดที่ใช้ วิธีการวัด และสภาพแวดล้อมในขณะทำการวัด ปัจจุบันการวัดระยะทางมีการพัฒนาไปมากโดยเฉพาะ การใช้เครื่องวัดระยะอิเลกทรอนิกส์ที่มีคุณภาพสูง ซึ่งให้ค่าการวัดที่ดีกว่าและสามารถกระทำได้ง่ายกว่า อย่างไรก็ตามการวัดระยะทั่วไป โดยเฉพาะในงานวิศวกรรมการใช้แถบวัดระยะยังมีความเหมาะสมอยู่

2.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์



ภาพที่ 2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์การวัดระยะ

1) ชนิดแถบวัดระยะ แถบวัดระยะมีหลายแบบซึ่งมีลักษณะต่างกันหรือทำด้วยวัสดุต่างกัน เช่นโซ่ วัดที่ดินเส้น ลวดวัดระยะ แถบวัดเหล็ก แถบวัดผ้า แถบวัดใยลังเคราะห์ แถบวัดอินวาร์ เป็นต้น

2) อุปกรณ์เสริม การวัดระยะทางด้วยแถบวัดนอกจากแถบวัดแล้ว ยังมีเครื่องมืออื่นๆที่ใช้ ประกอบการวัดระยะทางด้วย ได้แก่ เข็มคะแนน (Pin) หลักเล็ง (Pole) ลูกดิ่ง ที่จับแถบวัด (Clamp Handles) เครื่องวัดความลาด (Clinometer หรือ Abney เครื่องวัดแรงดึง (Spring Balance) เทอริโมมิเตอร์แบบกระเป๋า เป็นต้น

2.3.2 การวัดระยะทางบนพื้นที่ราบ เป็นการวัดระยะทางโดยแถบวัดอยู่ในแนวราบ มีวิธีปฏิบัติดังนี้

1) ปักหลักเล็งให้เห็นชัดเจนที่จุดปลายทางทั้งสอง เล็งตรวจสอบแนวการวัดและกำจัดสิ่งกีดขวาง และปักหลักเล็งเป็นระยะๆในแนวการวัดเพื่อช่วยในการจัดวางแถบวัดระยะให้ตรงแนวขณะวัด

2) ดึงแถบวัดระยะออกจากม้วน โดยคนหน้าถือปลายแถบวัด (ขีดศูนย์) เดินจากจุดเริ่มไปยังจุดปลาย ขณะเดียวกันคอยดูคนถือแถบวัดระยะที่อยู่จุดต้นทาง ซึ่งจะให้สัญญาณมือบอกให้เคลื่อนที่ไป ทางซ้ายหรือขวา เพื่อให้แถบวัดอยู่ในแนวของเส้นที่จะวัด

3) ดึงแถบวัดระยะให้ดึงด้วยแรงมาตรฐานที่กำหนดหรือประมาณ 5 กิโลกรัม โดยเกี่ยวเครื่องวัด แรงดึงที่ปลายแถบวัดระยะ ระวังให้ปลายทั้งสองของแถบวัดระยะอยู่ระดับเดียวกัน

ทิ้งดิ่ง สำหรับการทำงานในกรณีที่ไม่สามารถวางแถบวัดระยะไปตามพื้น ต้องดึงแถบวัดระยะอยู่เหนือพื้น โดยคนหลังถือสายดิ่งให้ตรงขีดความยาวเต็มช่วง เช่น 30,50 เมตร หมายปลายลูกดิ่ง ให้ตรงจุดหลัง คนหน้าถือสายดิ่งให้ตรงขีดศูนย์แล้วปล่อยลูกดิ่งให้ทำเครื่องหมายจุดหน้า บนพื้น

4) คนหน้าเอาเข็มคะแนนปักบนพื้นตรงจุดที่ลูกดิ่งทำเครื่องหมาย ตรวจสอบความเรียบร้อยให้ สัญญาณทำเสร็จ เคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อมกันจนปลายหลังของแถบวัดระยะเกือบถึงจุด

หน้า คนหลังให้สัญญาณคนหน้าหยุด ถ้าเป็นการวัดตั้งแต่ช่วงที่สองขึ้นไปคนหลังต้องดึงเข็มคะแนนอันก่อนที่คนหน้าปักไว้ขึ้นก่อนเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทำซ้ำตามขั้นตอนเดิมจนถึงช่วงสุดท้าย

5) การวัดช่วงสุดท้ายซึ่งไม่เต็มช่วงของแถบวัดระยะ คนหน้าจะถือแถบวัดระยะให้ขีดศูนย์ตรง หมุดปลายทาง และคนหลังหรือผู้ช่วยจะเป็นผู้อ่านและจดค่าระยะทางตัวเลขระยะของช่วง สุดท้ายนั้นระยะทาง เท่ากับจำนวนเข็มคะแนนคูณความยาวแถบวัดบวกด้วยระยะช่วงสุดท้าย

2.3.3. การวัดระยะทางโดยให้แถบวัดระยะอยู่บนเสารองรับ การวัดเช่นนี้เหมาะกับการวัดระยะทาง ที่ผ่านพื้นที่ที่เป็นพุ่มไม้หรือไม่สามารถขจัดสิ่งกีดขวางการวัด จำเป็นต้องจัดระยะทางโดยให้แถบ จัดระยะอยู่เหนือสิ่งกีดขวาง มีวิธีปฏิบัติในการจัดดังนี้

1) วางแนวเส้นตรงและแบ่งช่วงการจัด

2) ตอกไม้ให้ปลายสูงจากพื้นดิน 75 ซม.ที่จุดต้นและปลายช่วงที่จะทำการจัด และทำเครื่องหมาย บนเสาไม้ อาจใช้ตะปูสั้นตอกไว้ จับแถบจัดระยะต้านจุดต้นด้วยที่จับ แล้วเกี่ยวด้วยเครื่องจัดแรง ดึงและผูกติดกับหลักเล็งที่ปักก่อนถึงจุดต้น หลักเล็งนี้ใช้เป็นหลักดึงให้แถบจัดระยะดึง

3) แถบจัดระยะต้านปลาย ผูกติดกับหลักเล็งที่ปักอยู่หลังจุดปลาย หลักเล็งนี้ใช้เป็นหลักดึงให้แถบจัด ระยะดึงเช่นเดียวกัน

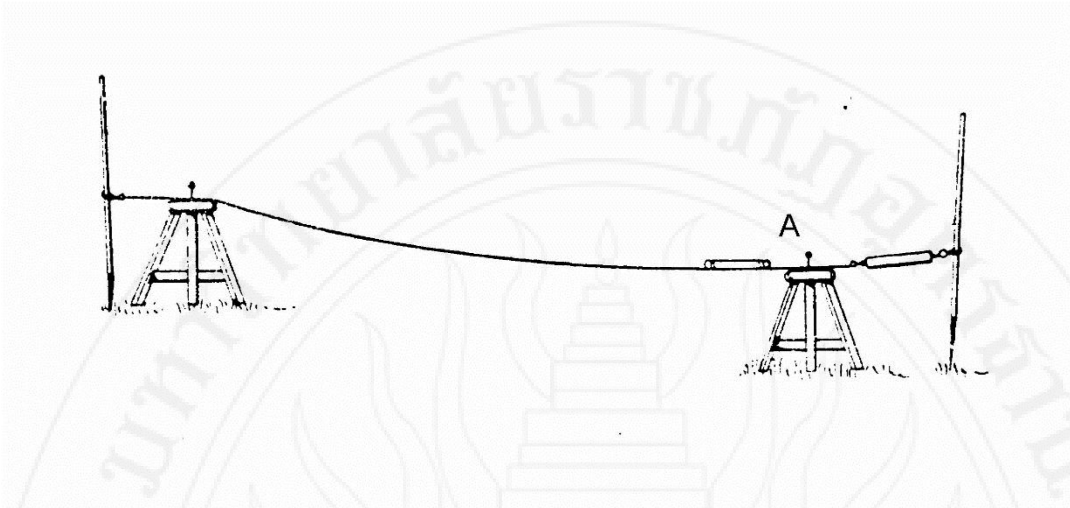
4) ถ้าช่วงการจัดยาวมากกว่า 30 เมตรจะต้องมีหลักคากลางหรือคาเป็นช่วงๆ ประมาณ25 เมตร โดยปลายหลักค้ำทำเป็นง่ามเพื่อรองรับแถบจัดระยะ มีระดับเป็นแนวเส้นตรง

5) ตรวจความพร้อม แถบจัดระยะอยู่บนหลักคา คนที่จับหลักเล็งหลังจุดทั้งสองเตรียมดึง ให้สัญญาณ ดึงแถบจัด

6) คนที่จุดต้นดึงโดยดูเครื่องจัดแรงดึงใหใต้ค่าแรงดึงที่ต้องการ คนที่จุดปลายดึงให้ขีดศูนย์แถบจัด ตรงหมุด

7) อ่านค่าระยะที่ *A* บันทึกค่าระยะที่ได้

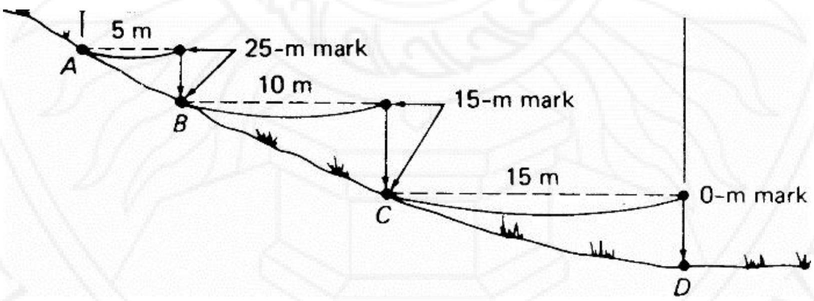
8) จัดมุมเอียงแถบจัดระยะ อุณหภูมิ และ อื่นๆตามความจำเป็น



ภาพที่ 2.4 การวัดระยะทางโดยมีเสารองรับแถบวัดระยะ

2.3.4 การวัดระยะทางบนพื้นที่เอียง การวัดระยะบนพื้นที่มีความลาดชันมาก มีวิธีปฏิบัติ 2 วิธี คือ

1) วัดระยะโดยแบ่งการวัดเป็นช่วงสั้นๆ ในกรณีที่พื้นที่มีความลาดชันมาก การดึงแถบวัดระยะเต็ม ความยาวให้อยู่ในแนวระดับจะทำได้ยากหรือไม่ได้ เพราะปลายแถบวัดด้านต่ำจะอยู่สูงกว่าพื้นที่ มาก จึงต้องแบ่งการวัดเป็นช่วงสั้นๆ แล้วรวมระยะแต่ละช่วงที่ได้เป็นระยะทางเต็มช่วงการวัด โดยวิธีนี้ เรียกว่า *"Breaking Tape"*



ภาพที่ 2.5 การจัดระยะแบบแบ่งเป็นช่วงสั้นๆ

ข้อควรปฏิบัติในการวัด การทิ้งดิ่งแต่ละช่างควรจับแถบวัดระยะให้ตรงจุดที่เหมาะสมมีความยาว เป็นตัวเลขลงตัว เพื่อความสะดวกในการรวมระยะภายหลัง ทิศทางในการวัดควรวัดลงเนิน มากกว่าวัดขึ้นเนิน และควรสนใจสังเกต ปลายแถบวัดระยะด้านต่ำมักจะต่ำเกินไป

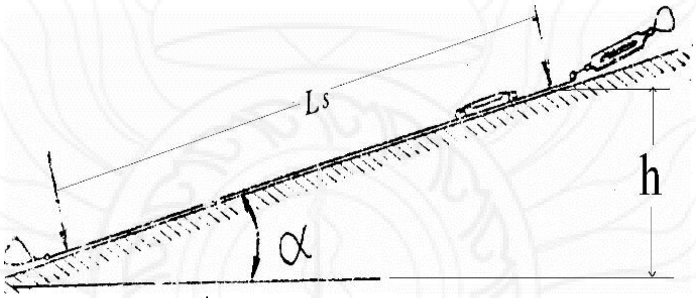
2) วัดระยะทางโดยให้แถบวัดระยะอยู่ในแนวเอียง การวัดระยะทางบนพื้นที่ที่ลาดชันมากๆ การวัด โดยการแบ่งการวัดเป็นช่วงสั้นๆบางครั้งอาจทำได้ลำบาก เพราะต้องแบ่งเป็นหลายช่วง หรือใน กรณีที่พื้นที่เป็นพื้นเอียงแต่เรียบ การวัดระยะทางโดยวางแถบวัดระยะไปตามพื้นลาดเอียงอาจ สะดวกกว่า โดยวัดระยะเอียงและมุมของความลาดเอียงด้วยเครื่องวัดความลาด แล้วคำนวณหา ระยะราบ โดยสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

(1) จัดมุมลาดเอียง แล้วคำนวณหาระยะทาง

ระยะราบ = $L_s \times COS(\alpha)$

(2) จัดค่าต่างระดับของจุด (h) แล้วคำนวณหาระยะทาง

$$= \sqrt{L_s^2 - h^2}$$



ภาพที่ *2.6* การวัดระยะทางมุมลาดเอียง

Ls เป็น ระยะเอียง

α เป็น มุมของความลาดเอียง

h เป็น ค่าต่างระดับของจุด

ตัวอย่าง 2.2 เครื่องมือวัดระยะทางตามแนวลาดเอียงพบว่ามีความสูงต่างกัน 3..2 เมตร ระยะห่าง 20 เมตร จงหามุมลาดเอียงและระยะวัดที่คาดว่าจะเป็นไปได้ต่อความยาวโซ่วัดระยะ

วิธีทำ

ให้ θ = มุมลาดเอียง

$$\sin\theta = \frac{3.2}{20}$$

= 0.16

หรือ θ = 9˚12′

ระยะวัดที่คาดว่าจะเป็นไปได้ต่อความยาวโซ่วัดระยะ = $l(\sec\theta - 1)$

$= \quad 20(\sec 9^{\circ}12' - 1)$

= 0.261 เมตร

= 26.1 เซนติเมตร

ตัวอย่าง 2.3 วัดระยะทางระหว่างจุดสองจุดบนพื้นลาดเอียงได้ 450 เมตร จงหาค่าที่ถูกต้องในการวัดระยะในแนวราบถ้า

(1) มุมลาดเอียงคือ 10°

(2) ความลาดเอียงคือ 1/5

(3) ค่าระดับของจุดสองจุดนี้คือ 45 เมตร

วิธีทำ

(1) ถ้าให้ D เป็นระยะตามแนวราบและ l เป็นระยะทางที่วัดตามความลาดเอียงที่ทำมุม θ ดังนั้น

ค่าแก้ไข $= \mathrm{l}(1 - \cos\theta)$

$= 450(1 - \cos 10^{\circ})$

= 6.836 เมตร

ดังนั้น ระยะตามแนวราบ = 450 – 6.836

= 443.16 เมตร ***<u>ตอบ</u>***

(2) ความลาดเอียงคือ 1/5

$\tan\theta$ = 1/5

ค่าแก้ไข $= \mathrm{l}(1 - \cos\theta)$

$= 450(1 - \cos 11^{\circ}19')$

= 8.74 เมตร

ดังนั้น ระยะตามแนวราบ = 441.26 *เมตร* ***<u>ตอบ</u>***

(3) ค่าระดับของจุดสองจุดนี้คือ 45 เมตร

ค่าแก้ไข $= \dfrac{h^2}{2l}$

$= \frac{45^2}{2\text{x}\,450}$

= *2.25* เมตร

ดังนั้น ระยะตามแนวราบ = 450 – 2.25

= *447.75* เมตร ***ตอบ***

2.3.5 **ความคลาดเคลื่อนและค่าปรับแก้** การวัดระยะทางด้วยแถบวัดระยะมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง สำหรับงานรังวัดทั่วไป หากต้องการความถูกต้องสูง การวัดด้วยแถบวัดระยะอาจไม่เหมาะสมใน ปัจจุบัน อย่างไรก็ตามถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ยังกระทำได้ โดยการกำจัดความคลาดเคลื่อนที่มีระบบ ที่แฝงอยู่ในค่าการวัดออก ความคลาดเคลื่อนมีระบบในการวัดระยะทางด้วยแถบวัดระยะเป็นไป ตามหลักคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ หาขนาดที่ผิดไปได้ ถ้าให้ *L* เป็นค่าระยะทางที่อ่านได้จากแถบวัดระยะ ค่าปรับแก้ต่างๆคำนวณได้ดังนี้

(1) ความยาวของแถบวัดระยะไม่ถูกต้อง_ความยาวของแถบวัดระยะไม่ถูกต้อง เป็นความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความยาวของแถบวัดระยะจริงคลาดเคลื่อนจากตัวเลขระยะทางบนแถบวัดระยะ แถบวัดระยะอาจสั้นหรือยาวกว่าค่าตัวเลขที่กำกับไว้ ถ้าให้ *cl* คือ ค่าปรับแก้

$$c_l = \frac{(l_o - l)\,L}{l} \qquad (2.1)$$

l_o คือ ความยาวจริง (เทียบจากแถบวัดระยะมาตรฐาน)

l_o คือ ตัวเลขความยาวที่กำกับบนแถบวัดระยะ

(2) ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุณหภูมิ เป็นความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการยืดหรือหดของแถบวัด ระยะอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ กล่าวคือขณะทำการวัดระยะทางอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมในขณะนั้น อาจต่างจากอุณหภูมิมาตรฐานที่เป็นข้อกำหนดการใช้แถบวัดระยะนั้น มาก ทำให้ความยาวของแถบวัดระยะต่างจากความยาวจริง ถ้าให้ c_l คือ ค่าปรับแก้

$$\mathrm{c_t} = l(\mathrm{T} - \mathrm{T_o})\mathrm{k} \qquad (2.1)$$

$\mathrm{T_o}$ คือ อุณหภูมิมาตรฐานตามข้อกำหนดการใช้แถบวัดระยะ(20 ˚C)

T คือ อุณหภูมิในขณะทำการวัดระยะทาง

K คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวของแถบวัดระยะ เช่น เทปเหล็กเท่ากับ 0.0000116 m/m

(3) ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากแรงดึง_เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้แรงดึงแถบวัดระยะ ขณะทำการวัดระยะทาง ไม่เท่ากับแรงตามข้อกำหนดการใช้งานซึ่งถือเป็นแรงมาตรฐาน ถ้าให้ c_p คือ ค่าปรับแก้

$$c_p = \frac{(P - P_o)L}{aE} \tag{2.2}$$

P_o คือ แรงดึงมาตรฐานตามข้อกำหนด

P คือ แรงดึงแถบวัดระยะที่ใช้ทำการวัด

a คือ พื้นที่หน้าตัดของแถบวัดระยะ

E คือ Modulus of elasticity ของแถบวัดระยะ

ตัวอย่าง 2.4 สายวัดทำด้วยเหล็กซึ่งมีความแม่นยำที่ 30 เมตร หากใช้ที่อุณหภูมิ 20˚C และดึงด้วยแรง 10 กิโลกรัม ทำการวัดระยะ 1650 เมตร อุณหภูมิในขณะที่ทำการวัด 30˚C และดึงด้วยแรง 15 กิโลกรัม จงหาความยาวจริงของการวัด ถ้าพื้นที่หน้าตัดของเทปเหล็กเท่ากับ 0.025 ตารางเซนติเมตร และสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวของเทปต่อองศาเซลเซียสคือ $3.5x10^{-6}$ และโมดูลัสยืดหยุ่นของเทปเท่ากับ $2.1x10^{6}$กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

วิธีทำ

ค่าคลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิ = $c_t = l(T - T_o)k$

= $3.5x10^{-6}(30 - 20)1{,}650$

= 0.05775 เมตร (ขยายตัว)

ค่าคลาดเคลื่อนจากการดึง c_t = $\frac{(P - P_o)L}{aE}$

= $\frac{(15 - 10)1650}{0.025x2.1x10^{6}}$

= 0.157101 เมตร (ยืดออก)

ความยาวจริงของเส้นทาง = 1650+0.05775+0.157101

= 1650.214831 เมตร

(4) ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการหย่อนหรือตกท้องช้าง_ลักษณะตกท้องช้างของแถบวัดระยะเกิด จากน้ำหนักของแถบวัดระยะเอง ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อทำการวัดระยะทางโดยดึงแถบวัดระยะอยู่เหนือ พื้นที่หรืออยู่บนเสารองรับ การเกิดลักษณะตกท้องช้างของแถบวัดระยะ ทำให้ค่าการวัดระยะที่ ได้เกินค่าที่แท้จริง ฉะนั้นค่าปรับแก้จะมีเครื่องหมายลบเสมอ ถ้าให้ c_S คือ ค่าปรับแก้

$$c_s = \frac{-W^2L}{24P^2} \tag{2.3}$$

W คือ น้ำหนักของแถบวัดระยะระหว่างจุดรองรับ

P คือ แรงดึงแถบวัดระยะที่ใช้ทำการวัด

L คือ ระยะทางที่วัดได้ด้วยเทป

ตัวอย่าง 2.5 เทปวัดผูกปลายไว้แล้วดึงด้วยแรงดึง 200 N น้ำหนักของเทปคือ 30 N จงหาค่าคลาดเคลื่อนของระยะทางระว่างปลายเทป

วิธีทำ

ค่าคลาดเคลื่อนของการหย่อน $= \frac{-W^2L}{24P^2}$

$= \frac{-30^2 100}{24x200^2}$

= -0.09375 เมตร

ระยะทางราบจริง =100 – 0.09375 เมตร

= 99.90625 เมตร

(5) ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากแนวเล็งเบี่ยงเบน การวางแนวเพื่อวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุด ปกติ จะวางเป็นเส้นตรง แต่บางครั้งแนวดังกล่าวอาจถูกบัง ทำให้จำเป็นต้องวางแนวการวัดให้เบี่ยงเบน จากแนวตรง ค่าระยะทางที่วัดได้จะยาวกว่าระยะทางตรงที่ต้องการ ถ้าให้ c_a คือ ค่าปรับแก้

$$c_a = \frac{-v^2}{2L} \tag{2.4}$$

v คือ ระยะที่เบี่ยงเบนจากแนวตรง

(6) ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากพื้นที่ลาดเอียง โดยทั่วไประยะทางระหว่าง 2 จุดใดๆ จะหมายถึง ระยะทางราบ แต่จุดทั้งสองอาจไม่อยู่ในระดับเดียวกันและการวัดระยะทางก็อาจกระทำโดยการวัด ไปตามความลาดเอียงของพื้นที่ ฉะนั้นค่าที่วัดได้จะยาวกว่าระยะทางราบที่ต้องการ การ

ปรับแก้ จะต้องวัด มุมลาดเอียงของพื้นหรือค่าต่างระดับระหว่างจุดทั้งสองด้วย ถ้าให้ c_s คือ ค่าปรับแก้

$$c_s = -L[1 - cos(\infty)]$$

$$c_s = \frac{-h2}{2L} \quad (2.5)$$

$\propto$ เป็น มุมลาดเอียงของพื้น

h เป็น ค่าต่างระดับระหว่างสองจุดที่ต้องการวัดระยะทาง

(7) ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความสูงพื้นที่_งานรังวัดที่ต้องคำนึงถึงความโค้งของผิวโลก ระยะทาง จะหมายถึงระยะตามผิวระดับอ้างอิงหรือที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง การวัดระยะทางที่ทำในพื้นที่ที่ สูงจากระดับน้ำทะเลมาก ค่าระยะที่วัดได้จะยาวกว่าระยะทางที่ต้องการ ต้องปรับลดระยะทางที่ ได้เพื่อให้ได้ค่าระยะทางที่ระดับผิวอ้างอิงถ้าให้ c_E เป็น ค่าปรับแก้

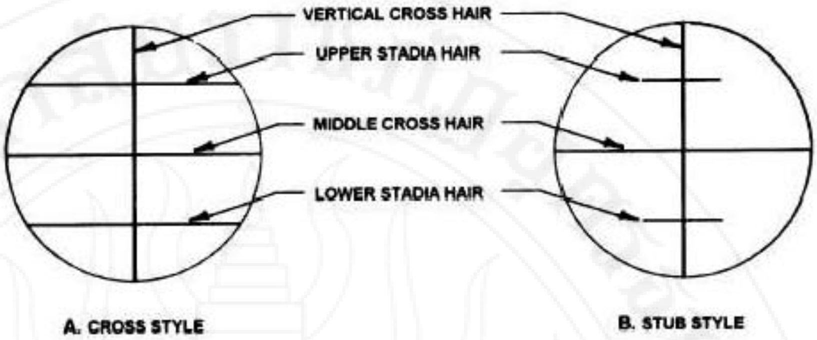
$$c_E = \frac{-EvL}{R} \quad (2.6)$$

Ev เป็น ค่าระดับของพื้นที่ที่วัดระยะทาง

R เป็น ความยาวรัศมีของโลก ประมาณ *6,400* กิโลเมตร

2.4 การวัดระยะด้วยวิธีสเตเดีย (Stadia*)*

การวัดระยะโดยวิธีสเตเดีย เป็นวิธีการวัดระยะด้วยชุดอุปกรณ์การสำรวจ ประกอบด้วยกล้องวัดมุม หรือกล้องระดับ และไม้ระดับ (Staff of Rod) เมื่อเราส่องกล้องวัดมุม หรือกล้องระดับ จะเห็นวงแหวนระนาบสายใย ประกอบด้วยสายใยราบ และสายใยดิ่ง ตัดกันเป็นมุมฉาก มีขีดสั้น 2ขีดอยู่บนสายใยดิ่ง ขีดสั้น 2 ขีดนี้เรียกว่าสายใยสเตเดีย (Stadia Hairs) ระยะห่างระหว่าสายใยสเตเดียเรียกว่าช่วงสเตเดีย



ภาพที่ 2.7 แสดงสายใยสเตเดียในกล้องวัดมุมและกล้องระดับ

(ที่มา: http://engineeringtraining.tpub.com/14070/css/Locating-Details-By-Transit-And-Stadia-153.htm)

2.4.1 วิธีการหาระยะทางราบด้วยวิธีสเตเดีย

(1) ตั้งกล้องที่ตำแหน่ง A และไม้ระดับที่ตำแหน่ง B ต้องการวัดระยะทางราบ D ที่อยู่ระหว่างแกนดิ่งของกล้อง และไม้ระดับ

(2) อ่านค่าระดับที่สายใยสเตเดียบน U (Upper stadia Line) สมมติได้ค่า = 1.217 เมตร

(3) อ่านค่าระดับที่สายใยสเตเดียล่าง L (Lower stadia Line) สมมติได้ค่า = 1.068 เมตร

(4) หาระยะช่วงสเตเดีย (Rod Interval) แทนด้วย S จะเท่ากับค่าสายใยบน ลบด้วยค่าสายใยล่าง ในที่นี้

แทนค่า S = 1.217 − 1.06 = 0.149 เมตร

จากสมการ ระยะทาง D = 100S

แทนค่า D = 100 (0.149)

ดังนั้นระยะทางราบ D = 14.90 เมตร

เราจะได้สูตรระยะทาง D = 100S (100 = ค่าคงที่)

S = สายใยบน − สายใยล่าง

2.5 บทสรุป

1. การนับก้าวเป็นการวัดระยะทางอย่างง่ายที่สุดไม่ใช้เครื่องมือวัด แต่อาศัยการก้าวเดินของผู้สำรวจแล้วนามาคานวณเป็นระยะทางจากค่าเฉลี่ยของระยะก้าวและความเร็วในการเดินระยะทางที่ได้จากวิธีนี้มีความละเอียดและความถูกต้องต่ำเหมาะสาหรับการหาระยะทางคร่าวๆ งานสารวจเบื้องต้น และการทำแผนที่สังเขประยะทางที่ได้เป็นระยะทางจากการเดิน ดังนั้นจะเป็นระยะทางตามภูมิประเทศ ดังนั้นในบางกรณีอาจจะไม่ใช่ระยะทางในแนวราบ

2. Odometer เป็นการวัดระยะที่ต้องอาศัยเครื่องมือมาตรวัดระยะทาง ซึ่งเป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการของวงล้อที่ทราบความยาวในการหมุนใน 1 รอบเหมาะสาหรับการทาแผนที่สังเขป การตรวจสอบระยะทาง การวัดสามารถทาได้รวดเร็ว และง่าย แต่สามารถวัดได้เฉพาะพื้นที่ที่มีพื้นผิวราบเรียบไม่ขรุขระ ระยะทางที่ได้เป็นตามภูมิประเทศ ดังนั้นในบางกรณีอาจจะไม่ใช่ระยะทางในแนวราบ วัดระยะแนวเส้นทางที่ไม่ใช่เส้นตรงได้

3. Taping เป็นวิธีวัดระยะทางที่นิยมใช้มากที่สุดในการสำรวจเหมาะสาหรับระยะทางที่ไม่ยาวมาก และต้องเป็นแนวตรงระยะทางที่วัดได้เป็นระยะทางในแนวราบเทปทามาจากเหล็ก หรือวัสดุพิเศษที่มีความยืดหยุ่นน้อยมาก ในบางกรณีนิยมเรียกว่า Engineering Tapงานที่เหมาะสมสาหรับการวัดด้วยเทป ได้แก่ งานวงรอบ และงานสารวจเพื่อการก่อสร้าง ต้องมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากการวัด

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. การวัดระยะทางตรงและการวัดระยะทางอ้อมแตกต่างกันอย่างไร

2. การหาความยาวก้าวปกติของแต่ละบุคคลทำได้อย่างไร

3. จงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการวัดระยะด้วยวิธีนับก้าวกับการวัดระยะด้วย Odometer

4. ความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะด้วยโซ่-เทป มีอะไรบ้าง จะตรวจสอบอย่างไร แก้ไขหรือป้องกันความคลาดเคลื่อนเหล่านั้นได้อย่างไร

5.เหตุใดจึงต้องมีการดูแลรักษาเครื่องมือที่ใช้ในการวัดระยะ

เอกสารอ้างอิง

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด (ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอค ทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S K Duggal . 2008 . **Surveying** (volume 1) . 2 nd . Tata McGraw – Hill , New delhi

www.sanpdeal.com

www.itandhome.com

http://engineeringtraining.tpub.com/14070/css/Locating-Details-By-Transit-And-Stadia-153.htm

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3

งานระดับ

หัวข้อเนื้อหา

งานระดับ

3.1 ระดับความสูง

3.2 วิธีการหาค่าระดับความสูง

3.3 กล้องระดับ

3.4 การปรับระดับกล้อง

3.5 การตั้งและอ่านค่าไม้ระดับ

3.6 วิธีอ่านค่าบนไม้ระดับ

3.7 การทำระดับ

3.8 การตรวจสอบความถูกต้องและการปรับแก้งานระดับ

3.9 การทำระดับรูปตัดตามยาวและตามแนวขวาง

3.10 สาเหตุความคลาดเคลื่อนในงานระดับ

3.11 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 2

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความรู้และทักษะดังนี้

1. อธิบายวิธีการและการใช้เครื่องมือในการทำระดับได้
2. แสดงวิธีการตั้งกล้องระดับและการปรับระดับได้
3. จำแนกประเภทและการแบ่งชั้นงานของงานระดับได้
4. คำนวณอัตราส่วนความลาดเอียงได้
5. บอกวิธีการทำระดับตามแนวยาวและแนวขวางได้
6. เขียนแบบรูปตัดตามแนวขวางและแนวยาวได้
7. แสดงวิธีการแก้ค่าระดับได้

8. จำแนกประเภทความถูกต้องกับความละเอียดได้

วิธีสอนและกิจกรรม

1. ชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหา และเกณฑ์การให้คะแนนรายวิชา
2. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบเอกสารประกอบการสอนและรูปภาพ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในแต่ละหัวข้อและเสนอแนวความคิด ก่อนข้ามหัวข้อนั้น
4. ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียน สอบถามผู้เรียนถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัย และสรุปเนื้อหาประจำบท
5. มอบหมายให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน และกำหนดวันส่ง
6. ชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนในครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนไปศึกษาก่อนล่วงหน้า
7. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน
8. แบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตามใบงานที่ได้มอบหมาย และกาหนดวันส่งรายงาน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อเอกสารประกอบการสอนอิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. ใบงาน
7. อุปกรณ์การทดลองตามใบงาน ประกอบด้วย
    7.1 ใบงานเรื่อง การใช้กล้องระดับและการอ่านค่าระดับ
    7.2 ใบงานเรื่อง งานหาค่าต่างระดับ
    7.3 ใบงานเรื่อง งานหาค่าระดับตามยาว
    7.4 ใบงานเรื่อง งานหาค่าระดับตามขวาง
8. แบบฝึกหัดท้ายบท
9. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล

1. ประเมินจากความตรงต่อเวลาของนักศึกษาในการส่งงานและเข้าเรียน

2. ประเมินจากการซักถาม-ตอบคำถาม
3. ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบท
4. ประเมินจากการปฏิบัติการในใบงาน
5. ประเมินจากรายงานของใบงาน
6. ประเมินจากผลการสอบย่อย

การประเมินผล

1. จากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จตามเวลา
2. ทำใบงานถูกต้องและครบสมบูรณ์
3. ทำแบบฝึกหัดมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

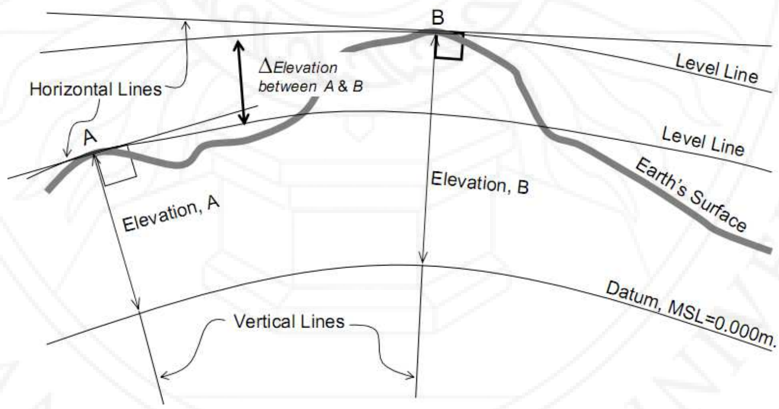
บทที่ 3 งานระดับ

(Leveling)

การทำระดับ คือ การหาระยะตามแนวดิ่ง ด้วยวิธีโดยตรงหรือวิธีโดยอ้อม เพื่อให้ได้ค่าระดับความสูงของ จุดบนภูมิประเทศ หรือจุดบนสิ่งก่อสร้าง หรือเพื่อให้ได้ค่าต่างระดับของจุดสองจุดใดๆ โครงการทาง วิศวกรรมมักมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความสูงของผิวดินบริเวณที่ตั้งโครงการเพื่อการ ทำงานในลักษณะต่างๆ เช่น การกำหนดระดับฐานรากในการก่อสร้างอาคาร การกำหนดความลาดหรือ ระดับของระบบระบายน้ำ และการกำหนดระดับผิวถนน และงานก่อสร้างอื่นๆ ล้วนมีการกำหนดค่าระดับ ความสูงของสิ่งก่อสร้างทั้งนั้นนอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่ไปคำนวณหา ปริมาณงานดินขุดหรือถม ปริมาณการเก็บกักน้ำของเขื่อน เป็นต้น

3.1. ระดับความสูง (Elevation)

ระดับความสูงหรือระดับของจุดใด คือ ระยะตามแนวดิ่งที่วัดจากเส้นระดับหรือผิวระดับอ้างอิงถึงจุดนั้น ผิวระดับอ้างอิงโดยทั่วไปจะใช้ผิวระดับที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (ร.ท.ก.) ซึ่งใช้เป็นพื้นผิวอ้างอิงของสากล เป็นพื้นผิวที่ทุกๆจุดตั้งฉากกับทิศทางของแรงดูดของโลก สำหรับประเทศไทยได้ทำการวัด ระดับน้ำทะเลปานกลางที่เกาะหลักจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยสร้างหมุดระดับขึ้นหมุดหนึ่ง แล้วทำการ วัดระดับความสูงของหมุดเทียบกับระดับน้ำทะเลเป็นเวลา 5 ปี คือ ตั้งแต่ พ.ศ. 2453 ถึง พ.ศ. 2458 ได้ ค่าระดับของหมุดเท่ากับ 1.4477 เมตร



รูปที่ 3.1 นิยามระดับความสูงของพื้นผิว

คำจำกัดความที่ควรทราบ

1.DATUM LINE พื้นผิวระดับซึ่งใช้เป็นพื้นผิวอ้างอิงทางความสูง โดยทั่วไปใช้พื้นผิวระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level ,MSL)

2.Level Line เส้นที่อยู่บนพื้นผิวระดับ ดังนั้นเส้นระดับจึงเป็นเส้นโค้งขนานไปตลอดพื้นผิวระดับ(Level Surface)

3. Vertical Line แนวเส้นที่อยู่ในแนวแรงดึงดูดของโลกเทียบได้กับแนวของสายลูกดิ่ง

4. Horizontal Line แนวเส้นที่อยู่บนระนาบราบและตั้งฉากกับแนวดิ่ง

5. Elevation ค่าระยะดิ่งจากพื้นผิวระดับอ้างอิงถึงจุดที่ต้องการทราบค่าระดับ

6. Δ elevation ค่าระยะดิ่งระหว่างพื้นผิวระดับสองพื้นผิว

ระดับของจุด A คือ ระยะที่วัดตามแนวทิศทางแรงดึงดูดของโลก จากผิวระดับน้ำทะเลปานกลางถึงจุด A หรือ ระยะระหว่างผิวระดับที่ระดับน้ำทะเลปานกลางกับผิวระดับที่ผ่านจุด A ในทำนองเดียวกัน ค่าต่างระดับของจุด A และ B จะเท่ากับระดับของจุด B ลบด้วยระดับของจุด A หรือเท่ากับระยะที่วัดตาม แนวดิ่งระหว่างพื้นผิวโค้งที่ขนานกับพื้นผิวของระดับน้ำทะเลปานกลางที่ผ่านจุด A และจุด B

หมุดระดับ (Bench mark , BM.) คือ จุดที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการอ้างอิงเป็นจุดที่รู้ค่าระดับเป็น จุดถาวรไม่มีการทรุดตัวหรือถูกทำลายได้ง่าย หมุดระดับมาตรฐานของประเทศจะถูกสร้างขึ้นกระจายทั่ว ทั้งประเทศโดยกรมแผนที่ทหาร ในโครงการทางวิศวกรรมผู้ทำการรังวัดอาจจะสร้างหมุดระดับขึ้นเอง เพื่อใช้งาน และมักจะสมมุติค่าระดับของหมุดระดับขึ้นหมุดหนึ่ง แล้วใช้อ้างอิงคำนวณระดับของจุดต่างๆ ได้โดยไม่จำเป็นจะต้องใช้ระดับน้ำทะเลปานกลาง แต่ในกรณีที่โครงการจำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับโครงการ อื่นหรือสัมพันธ์กับค่าระดับมาตรฐานของประเทศ จึงจะใช้ระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นพื้นผิวอ้างอิง

3.2 วิธีการหาค่าระดับความสูง

การหาค่าระดับของชุดใด ๆ ใช้วิธีการหาค่าต่างระดับของชุดหันเทียบกับชุดที่ทราบค่าระดับอยู่ แล้วที่เรียกว่า หมุดระดับ (Bench Mark, BM) ด้วยการวัดระยะดิ่งระหว่างสองชุดดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็น การวัดโดยตรงด้วยเทป วิธีการใช้กล้องระดับ (differential leveling) การวัดโดยอ้อมด้วยการรังวัดแบบตรโกณมิติ (trigonometric leveling)หรอการวัดดวยเครองวัดความกดของอากาศ (barometric leveling) วิธีการวัดต่าง ๆ เหล่านี้มีกรรมวิธีและให้ค่าความถูกต้องแตกต่างกัน คือ

3.2.1. การวัดด้วยเทป คือ การใช้เทปวัดระยะวัดโดยตรง โดยมากจะใช้วัดความสูงของวัตถุที่มีความสูงไม่มากนัก และใช้งานก่อสร้างภายในอาคาร

3.2.2. การวัดด้วยกล้องระดับ คือ การใช้ชุดอุปกรณ์กล้องซึ่งเมื่อติดตั้งแล้วแนวเล็งของกล้องจะ อยู่ในแนวราบ และอ่านค่าความสูงของแนวเล็งจากไม้ระดับ (staff) ที่มีสเกลแบ่งขีดความยาวโดยตั้งที่ ตำแหน่งต้องการหาค่าระดับความสูง นิยมใช้ในงานสำรวจบนพื้นที่ความลาดชันไม่สูงมาก

3.2.3. การวัดด้วยเครื่องวัดความกดดันของอากาศ คือ การวัดโดยอาศัยหลักการของความกดดัน ของชั้นบรรยากาศที่มีความสัมพันธ์ชนิดแปรผกผันลับค่าระดับความ

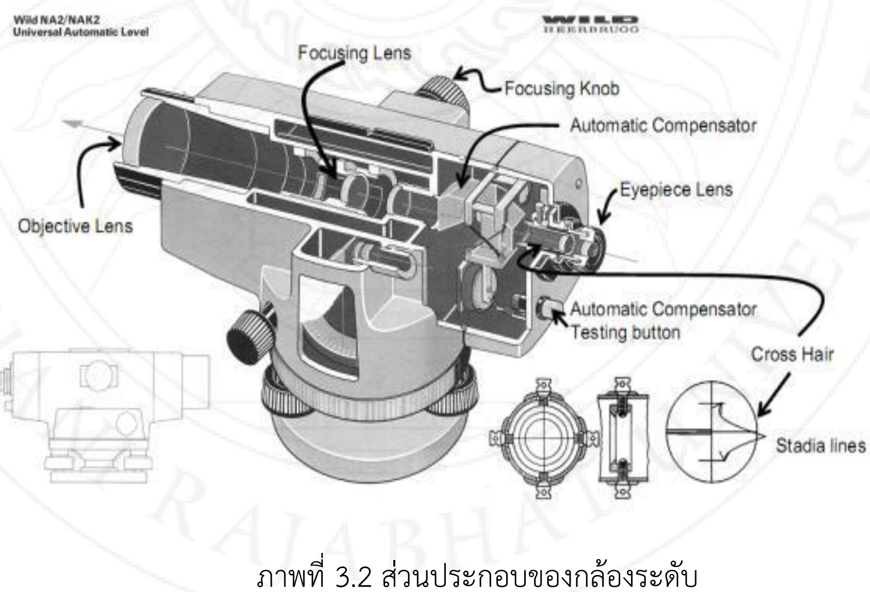
3.3 กล้องระดับ

กล้องระดับเป็นเครื่องมือที่หลังจากทำการตั้งอย่างถูกต้องแล้ว ถ้าเครื่องมือไม่มีความคลาดเคลื่อน จะมี แนวเล็งทำมุมฉากกับเส้นดิ่ง หรือแนวเล็งของกล้องจะอยู่ในแนวราบเสมอ

3.3.1. ส่วนประกอบของกล้องระดับ

กล้องระดับประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วนคือ กล้องโทรทรรศน์ทำหน้าที่เป็นแนวเล็ง และหลอดระดับ ใช้เป็นตัวชี้สภาวะของแนวเล็งอยู่แนวราบหรือไม่

1) กล้องโทรทรรศน์ ประกอบด้วยเลนส์ภาพ *(Objective)* เลนส์ตา *(Eye piece)* และสายใยเล็ง *(Cross hair)* โดยจะต้องทำให้เห็นภาพไม้ระดับชัดเจนบนระนาบของสายใยเล็งพอดี มิฉะนั้นจะ เกิดภาพเหลื่อม *(Parallax)* ผู้วัดสามารถสังเกตภาพเหลื่อมได้โดยการขยับตาขึ้นลง ถ้าเห็นภาพ วัตถุเลื่อนขึ้นลงด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งของสายใยเล็ง แสดงว่ายังเกิดภาพเหลื่อม การ ปรับโฟกัสของเลนส์ยังไม่ดีพอ ฉะนั้นเวลาทำงานต้องกำจัดภาพเหลื่อมให้หมดไปก่อนที่จะทำการวัดปริมาณต่างๆ โดยปรับเลนส์ตาให้มองเห็นสายใยชัดที่สุด แล้วปรับโฟกัสภาพให้ภาพไม้ระดับ เกิดบนระนาบของสายใยเล็ง ทดสอบจนมั่นใจจึงเริ่มวัด



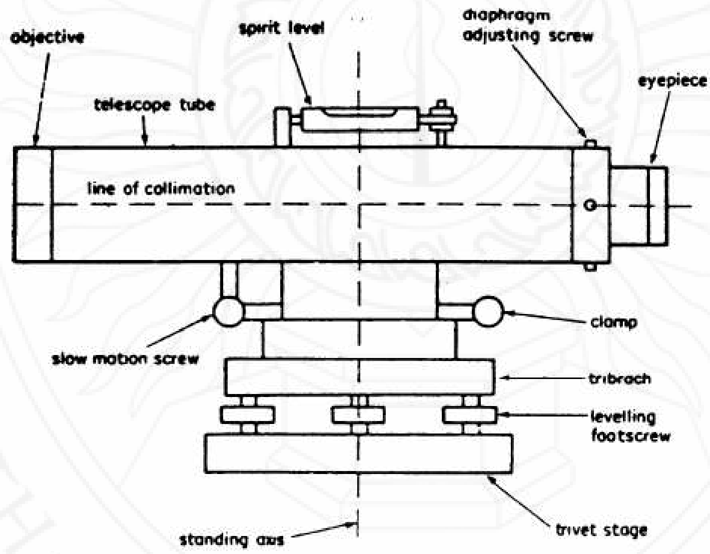
ภาพที่ 3.2 ส่วนประกอบของกล้องระดับ

2) หลอดระดับมี 2 ลักษณะ คือ หลอดระดับกลม และหลอดระดับยาว

(1) หลอดระดับกลม ประกอบด้วยกล่องรูปวงกลม มีส่วนบนเป็นแก้วรูปทรงกลม ฟองอากาศจะ เป็นรูปทรงวงกลมมีความไวต่ำ ใช้ปรับหาระนาบราบโดยประมาณก่อนแล้วจึงปรับหาแนวราบ อย่างถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง วิธีนี้ช่วยให้การทำงานสะดวกและรวดเร็วขึ้น

(2) หลอดระดับยาว ประกอบด้วยหลอดแก้วผิวในโค้งภายในบรรจุด้วยของเหลวมีความไวสูง เช่น แอลกอฮอร์ อีเธอร์ หรือคลอโรฟอร์ม และเหลือช่องว่างหรือฟองอากาศ ฟองอากาศจะลอยอยู่ ตรงส่วนที่อยู่สูงสุดของหลอดแก้วเสมอ การปรับระดับจะมองผ่านปริซึมซึ่งเป็นตัวสะท้อนภาพ จากปลายทั้งสองของหลอดระดับให้มาปรากฏอยู่ในตำแหน่งเดียวกันบนจอภาพ ถ้าหากแนว เล็งเอียงไปจากแนวราบ ภาพที่ปรากฏจากปลายทั้งสองของฟองอากาศจะเคลื่อนไปในทิศทาง ตรงกันข้าม ระยะที่มองเห็นจึงเป็นสองเท่าของระยะจริงที่ฟองอากาศเคลื่อนไปจากจุดกึ่งกลาง ซึ่งช่วยให้การหาตำแหน่งกึ่งกลางของฟองอากาศถูกต้องและชัดเจนยิ่งขึ้น และมักเรียกหลอดระดับที่มีปริซึมช่วยสะท้อนภาพแบบนี้ว่า หลอดระดับเขาควาย

3) ฐานรองกล้องระดับคือ ส่วนฐานของกล้องซึ่งรองรับตัวกล้อง จะมีสกรูสำหรับปรับระดับกล้องอยู่สามตัว สำหรับกล้องระดับโดยมากตัวฐานจะถูกประกอบเข้ากับตัวกล้องไม่สามารถปลดตัวกล้องออกจากฐานได้



ภาพที่ 3.3 ส่วนประกอบของกล้องระดับ

(ที่มา : www.oknation.net)

3.4 การปรับระดับกล้อง

3.4.1 กล้องระดับแบบธรรมดา

1) วางเพลทฐานกล้องบนปลายเท้าขวา

2) สไลด์ขากล้องให้ปลายขากล้องอยู่ในระดับสายตาหรือระดับคิ้วของผู้ตั้งกล้อง

3) กางขากล้องให้เพลทขากล้องอยู่ในแนวระดับโดยประมาณและให้สูงอยู่ระดับคางของผู้ส่องและให้ขากล้องทั้งสามมีระยะห่างเท่ากันทั้งสามขา

4) นำกล้องประกอบกับขากล้องโดยให้เพลทฐานกล้องอยู่กึ่งกลางของเพลทขากล้อง ขันสกรูขากล้องให้แน่น

5) จับตัวกล้องให้ขนานกับควงคู่ใดคู่หนึ่ง ในที่นี้สมมติเป็นคู่ 1 และ 2 ดังรูป



ภาพที่ 3.4 ควงบังคับของกล้องระดับ

6) สังเกตดูฟองอากาศที่ตัวเรือนหลอดระดับฟองยาว อยู่ทางซ้ายหรือขวาของผู้ส่อง

(1) ถ้าฟองอากาศอยู่ทางซ้ายให้หมุนควงตัวที่ 1 และ 2 เข้าพร้อมๆ กัน ฟองอากาศจะวิ่งไปทางขวาหมุนจนกว่าฟองอากาศจะวิ่งอยู่กึ่งกลางขีดแบ่งของหลอดระดับฟองยาว ดังรูป



ภาพที่ 3.5 หมุนควงบังคับเข้าของกล้องระดับสองตัวล่าง

(2) ถ้าฟองอากาศอยู่ทางขวาให้หมุนควงตัวที่ 1 และ 2 ออกพร้อมๆ กัน ฟองอากาศจะวิ่งไปทางซ้ายหมุนจนกว่าฟองอากาศจะวิ่งอยู่กึ่งกลางขีดแบ่งของหลอดระดับฟองยาว ดังรูป



ภาพที่ 3.6 หมุนควงบังคับออกของกล้องระดับสองตัวล่าง

7) หมุนตัวกล้องไปอีก 90° หรือให้ตั้งฉากกับควงตัวที่ 1 และ 2 สังเกตดูฟองอากาศที่ตัวเรือนหลอดระดับฟองยาว อยู่ด้านบนหรือด้านล่างของตัวเรือนหลอดระดับฟองยาว

(1) ถ้าฟองอากาศอยู่ด้านบนตัวเรือนหลอดระดับฟองยาว ใช้ควงตัวที่ 3 เพียงตัวเดียวหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ฟองอากาศจะวิ่งลงมาด้านล่างของตัวเรือนหลอดระดับฟองยาวหมุนควงตัวที่ 3 จนกว่าฟองอากาศจะอยู่กึ่งกลางขีดแบ่งของหลอดระดับฟองยาว ดังรูป



ภาพที่ 3.7 หมุนควงบังคับทวนเข็มของกล้องระดับตัวบน

(2) ถ้าฟองอากาศอยู่ด้านล่างตัวเรือนหลอดระดับฟองยาว ใช้ควงตัวที่ 3 เพียงตัวเดียวหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ฟองอากาศจะวิ่งขึ้นสู่ด้านบนของตัวเรือนหลอดระดับฟองยาวหมุนควงตัวที่ 3 จนกว่าฟองอากาศจะอยู่กึ่งกลางขีดแบ่งของหลอดระดับฟองยาว ดังรูป



ภาพที่ 3.8 หมุนควงบังคับตามเข็มของกล้องระดับตัวบน

8) หมุนตัวกล้องไปอีก 90° หรือให้ตัวกล้องขนานควงคู่ 1 และ2 เดิมแล้วสังเกตดูฟองอากาศอยู่กึ่งกลางขีดแบ่งของหลอดระดับฟองยาวหรือไม่ ถ้าไม่อยู่ให้ปฏิบัติซ้ำตามข้อ 6 ถึงข้อ 8 จนกว่าฟองอากาศจะอยู่กึ่งกลางขีดแบ่งของหลอดระดับฟองยาว ทั้งสองด้าน ดังรูป แล้วทำการอ่านค่าบนไม้วัดระดับ เพื่อทำการหาค่าระดับต่อไป



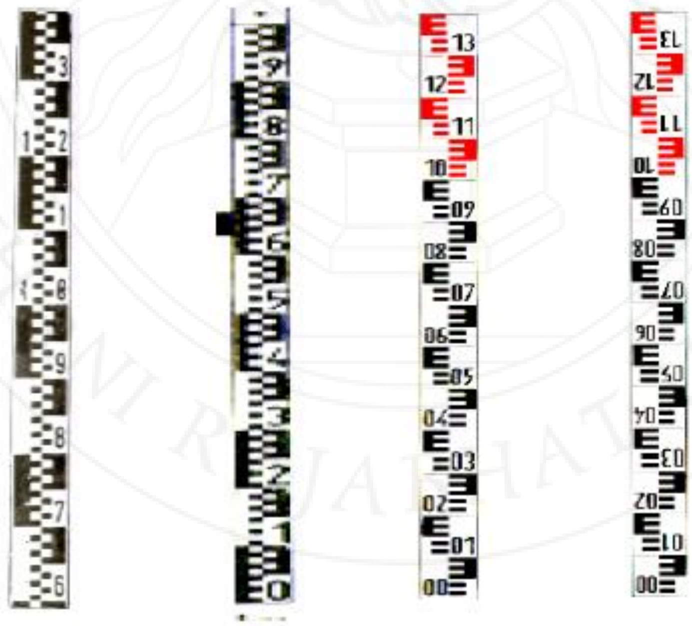
ภาพที่ 3.9 ตำแหน่งฟองยาวที่ได้ระดับ

3.5 การตั้งและการอ่านค่าไม้วัดระดับ

ไม้วัดระดับเป็นเครื่องมือประกอบอย่างหนึ่งในการทำระดับ คู่กับกล้องระดับกล้องระดับมีหน้าที่กำหนดเส้นเล็งราบ ส่วนไม้วัดระดับมีหน้าที่หาระยะสูงหรือต่ำจากเส้นเล็ง เราอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

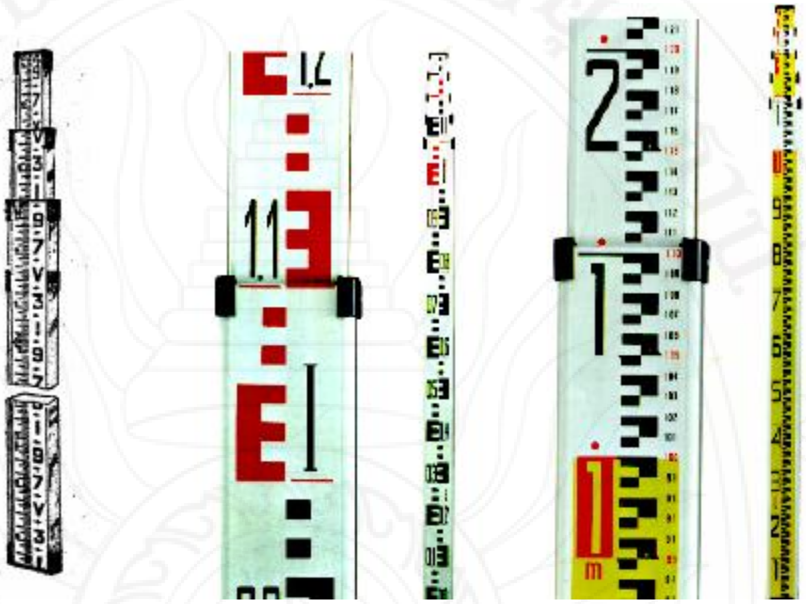
3.5.1. Self – reading staff เป็นชนิดที่อ่านโดยตรงจากผู้ส่องผ่านตัวกล้อง ใช้สำหรับงานทั่วๆไปไม้วัดระดับแบบ Self-reading สามารถอ่านค่าได้เร็วกว่าแบบTarget และแบบ Target คนถือไม้วัดระดับมีความสำคัญเท่าๆ กับคนกล้อง เพราะต้องรู้จักวิธีการอ่านค่าจากไม้วัดระดับต้องฝึกฝนกันเป็นพิเศษไม่เหมือนคนถือ Self-reading Staff ใช้คนธรรมดาๆ ก็ได้เพียงแต่ให้ถือไม้วัดระดับให้ได้ดิ่งจริงก็ใช้ได้การอ่านค่าจาก Target-staff แต่ถ้าระยะไกลเกินไป เส้นเล็งจะตัดไม้วัดระดับในตำแหน่งที่ไม่แน่นอนทำให้การอ่านค่าจากเวอร์เนียไม่แน่นอนไปด้วย จำเป็นจะต้องเล็งอย่างน้อย 2 ครั้ง เพื่อตรวจสอบกันSelf – reading staff แบ่งออกเป็น 4 แบบดังนี้

1) ไม้วัดระดับธรรมดา (Solid staff) ทำด้วยไม้เนื้อแข็งและอบแห้งอย่างดี ปกติยาว 3 เมตร กว้าง 5-10 ซ.ม. แบ่งช่วงเล็กสุดให้อ่านได้ถึง 2 มม. , 5 มม. แต่ส่วนมากจะแบ่งเป็น 1 ซ.ม. ช่วงซ้ายบอกหน่วยเป็นเมตร ช่วงขวาบอกเป็นเซนติเมตร ใน 1 เมตร แบ่งเป็น10 ส่วนๆ ละ 10 ซ.ม. และใน10 ซ.ม. แบ่งย่อยลงไปเป็น 10 ส่วนๆ ละ 1 ซ.ม. และทำเครื่องหมายให้เห็นชัดทุกๆ 5 ซ.ม. โดยมากทาสีขาวแดงหรือดำสลับกัน ด้านหลังมีหลอดระดับตาไก่ มีความไวประมาณ 25 / 2 มม. ติดอยู่สำหรับช่วยในการตั้งไม้วัดระดับให้ได้ดิ่งจริง และมีที่จับสำหรับช่วยตั้งระดับอีกด้วย การแบ่งสเกลของ Staff ที่ทำด้วยไม้ตั้งแต่ชนิดที่ 1-3 เป็นแบบเดียวกัน



ภาพที่ 3.10 ไม้ระดับแบบธรรมดา

2) ไม้วัดระดับชนิดดึงออกได้ (Sop with Pattern Telescopic staff) เป็นไม้วัดระดับแบ่งเป็น 3 ท่อน ท่อนล่างและท่อนกลางมีหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้ากลวงด้านในเพื่อใช้สำหรับเก็บท่อนกลางและท่อนบน ท่อนบนเป็นแท่งเดียวตลอดปิดหัวไว้กันน้ำเข้า แต่ละท่อนจะมีปุ่มเพื่อใช้สำหรับยึดไม่ให้หลุดออกจากกัน



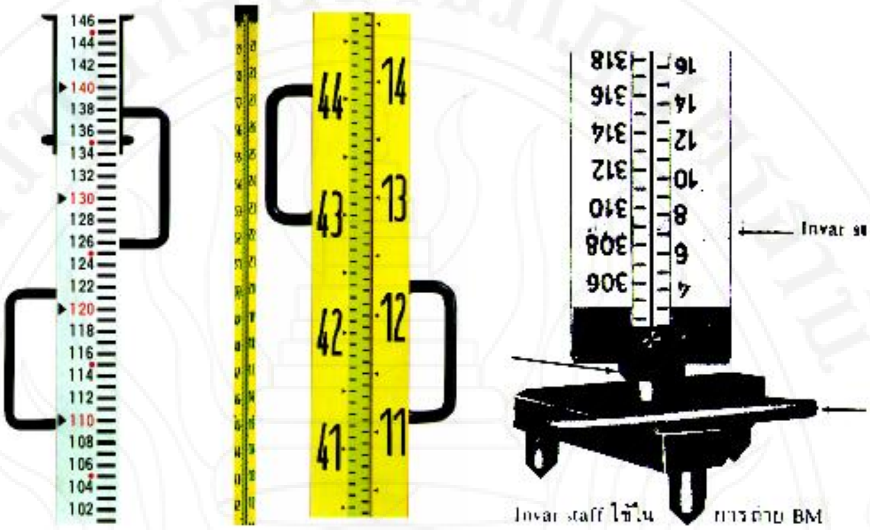
ภาพที่ 3.11 ไม้ระดับชนิดดึงเข้าออกได้

3) ไม้วัดระดับชนิดพับได้ (Folding staff) เป็นชนิดพับท่อนละ 1 เมตร ต่อกันยาว 3-4 เมตร สะดวกในการขนส่ง



ภาพที่ 3.12 ไม้ระดับชนิดพับได้

3.5.2 ไม้วัดระดับอินวาร์ (Invar staff) ก็คือไม้วัดระดับธรรมดาแต่ติดแผ่นโลหะอินวาร์ (Invar) มีสัมประสิทธิของการขยายตัวน้อยมาก ใช้กับกล้องชนิด Geodetic



ภาพที่ 3.13 ไม้ระดับอินวาร์

3.6 วิธีอ่านค่าบนไม้วัดระดับ (Staff Readings)

ถ้าใช้ไม้วัดระดับชนิดหัวกลับ ค่าระดับจะเพิ่มจากข้างบนลงไปข้างล่าง ตรงกันข้ามถ้าใช้ไม้วัดระดับชนิดหัวตรง ค่าระดับจะเพิ่มขึ้นจากเบื้องล่างสู่เบื้องบน (นับจากข้างล่างสูงขึ้นไปข้างบนตามธรรมชาติ) การอ่านไม้วัดระดับ ควรจะสังเกตจากตัวเลขน้อยสุด แล้วนับ

ขึ้นไปยังสายใยราบที่ตัดกับไม้วัดระดับ การอ่านค่าจะใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่งเช่น 0.000 เมตร

0 หน้าจุดทศนิยมมีหน่วยเป็นเมตร

0 ตัวที่ 1 และ 2 หลังจุดทศนิยมมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

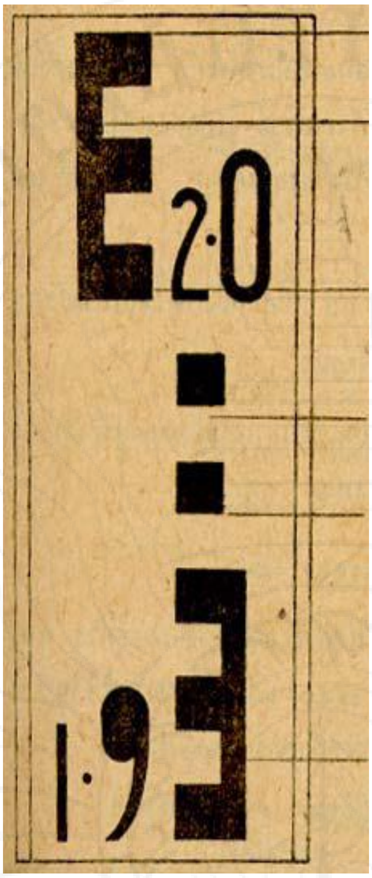
0 ตัวที่ 3 หลังจุดทศนิยมมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

เช่น อ่านค่าได้ 2.350 อ่านว่า 2 เมตร 35 เซนติเมตร 0 มิลลิเมตร

อ่านค่าได้ 1.055 อ่านว่า 1 เมตร 05 เซนติเมตร 5 มิลลิเมตร

อ่านค่าได้ 2.000 อ่านว่า 2 เมตร 00 เซนติเมตร 0 มิลลิเมตร

ตัวอย่างการอ่านค่าไม้วัดระดับแบบ Self – reading staff



A อ่านได้ = 2.050 อ่านว่า 2 ม. 05 ซม. 0 มม.

B อ่านได้ = 2.033 อ่านว่า 2 ม. 03 ซม. 3 มม.

C อ่านได้ = 2.003 อ่านว่า 2 ม. 00 ซม. 3 มม.

D อ่านได้ = 1.978 อ่านว่า 1 ม. 97 ซม. 8 มม.

E อ่านได้ = 1.960 อ่านว่า 1 ม. 96 ซม. 0 มม.

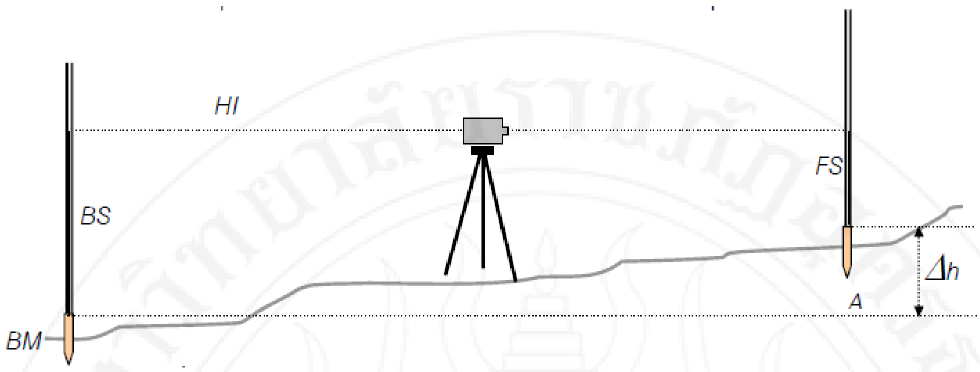
F อ่านได้ = 1.915 อ่านว่า 1 ม. 91 ซม. 5 มม.

ภาพที่ 3.14 การอ่านค่าระดับจากไม้ระดับ

3.7 การทำระดับ

การทำระดับโดยการวัดค่าค่าต่างระดับเป็นวิธีการวัดทางตรง หลักการวัดค่าต่างระดับระหว่างจุด 2 จุด คือ การใช้กล้องระดับและไม้ระดับ วัดระยะดิ่งจากจุดทั้งสองถึงระนาบราบระนาบหนึ่ง โดยระนาบราบคือระนาบที่ผ่านแนวเล็งเมื่อหมุนกล้องระดับไปรอบๆ และเมื่อเอาไม้ระดับวางบนจุดใดค่าอ่านไม้ระดับโดยมองผ่านกล้องระดับคือค่าระยะดิ่งจากจุดนั้นถึงระนาบราบของแนวเล็ง

ในทางปฏิบัติวิธีการวัดค่าระดับระหว่างจุด 2 จุด จะตั้งกล้องในตำแหน่งที่มองเห็นจุดทั้งสองได้สะดวก อ่านค่าไม้ระดับที่จุดที่รู้ค่าระดับ เรียกว่า ค่าอ่านไม้หลัง (Back sight, BS) แล้วหมุนกล้องไปอ่าน ค่าไม้ระดับที่จุดที่ต้องการหาค่าระดับ เรียกว่า ค่าอ่านไม้หน้า (Foresight, FS) พิจารณาจากรูปที่ 3.13 ค่าไม้ระดับที่อ่านได้จากจุด BM คือค่าไม้หลัง และค่าไม้ระดับที่อ่านได้จากจุด A คือ ค่าไม้หน้า



ภาพที่ 3.15 ค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับ ค่าไม้หน้าและค่าไม้หลัง

การคำนวณหาค่าระดับอาจพิจารณาแบ่งเป็น 2 วิธีที่ต่างกันคือ การหาค่าระดับจากค่าระดับของ แนวเล็ง และการหาค่าระดับจากค่าต่างระดับ

3.7.1. การหาค่าระดับจากค่าระดับของแนวเล็ง จะหาค่าระดับของแนวเล็งก่อนแล้วจึงคำนวณหาค่า ระดับของจุดที่ต้องการ โดยระดับของแนวเล็งหรือที่เรียกว่าความสูงของเครื่องมือ (Height of Instrument HI.) คือระยะตามแนวดิ่งที่วัดจากพื้นผิวอ้างอิงถึงแนวเล็งที่อยู่ในแนวราบสามารถ หาได้โดยเอาค่าระดับของหมุดระดับ เช่น BM หรือจุดที่รู้ค่าระดับบวกกับค่าไม้หลัง เมื่อรู้ค่า HI. จะสามารถหาค่าระดับของจุดใดๆก็ได้ โดยอ่านค่าไม้ระดับที่วางอยู่บนจุดนั้น ซึ่งถือเป็นค่าไม้ หน้า เช่น วางบนจุด A ค่าระดับของจุด A จะเท่ากับค่า HI. ลบด้วยค่าไม้หน้า

HI = ค่าระดับ BM + BS (3.1)

ค่าระดับจุด A = HI – FS

3.7.2. การหาค่าระดับจากค่าต่างระดับ จะหาค่าต่างระดับก่อนแล้วจึงคำนวณค่าระดับของจุดที่ต้องการ เช่น ค่าค่าต่างระดับของ BM กับจุด A (Δh_{BM-A}) สามารถหาได้โดยเอาค่าไม้หลังลบด้วยค่าไม้ หน้า ค่าระดับของจุด A จะเท่ากับค่าระดับของ BM บวกค่าค่าต่างระดับ

Δh_{BM-A} = BS – FS

ค่าระดับจุด A = ค่าระดับBM + $\Delta\, h_{BM-A}$

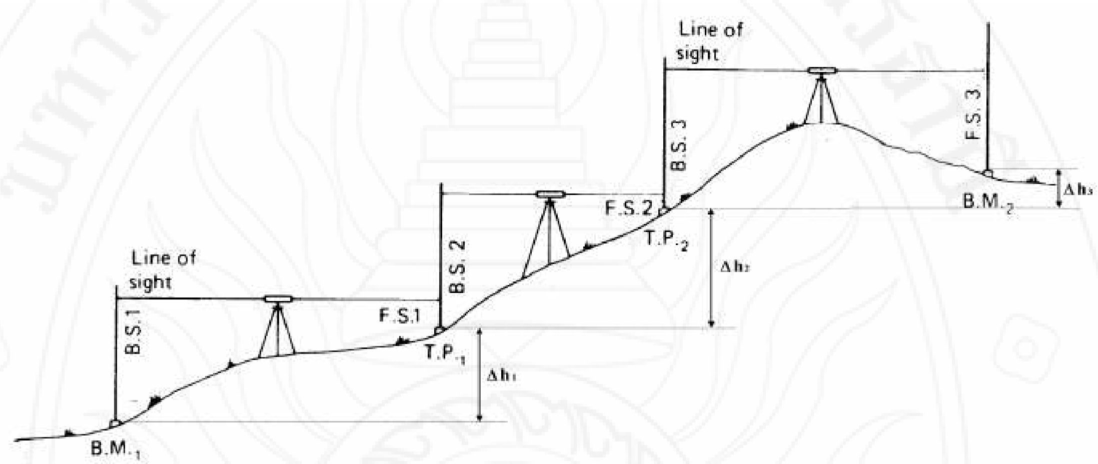
วิธีการวัดค่าต่างระดับของจุดสองจุดข้างต้นมีข้อจำกัด ในกรณีดังต่อไปนี้ คือ

1) ค่าต่างระดับมากเกินกว่าความยาวไม้ระดับ หรือ

2) ไม่สามารถหาจุดตั้งกล้องระดับที่สามารถมองเห็นได้ทั้งจุด BM และจุด A

3) จุดทั้งสองอยู่ไกลกันเกินกว่าความสามารถที่จะส่องกล้องอ่านค่าไม้ระดับได้

การตั้งกล้องเพียงครั้งเดียวเพื่อวัดค่าต่างระดับจึงเป็นไปไม่ได้ ต้องแบ่งเป็นส่วนๆโดยทำจุดชั่วคราวขึ้น เรียกว่า จุดเปลี่ยนระดับ *(Turning point, TP.)* แล้วดำเนินกรรมวิธีหาผลต่างระดับเป็นช่วงๆ ต่อเนื่องกันไปด้วยหลักการทำนองเดียวกัน ดังรูปที่ 3.13



ภาพที่ 3.16 การทำระดับแบบต่อเนื่อง

$$
\begin{aligned}
\Delta h_1 &= BS1 - FS1 \\
\Delta h_2 &= BS2 - FS2 \\
\Delta h_3 &= BS3 - FS3 \\
\Delta h_{BM-A} &= \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 \\
&= \Sigma BS - \Sigma FS
\end{aligned}
$$

ตัวอย่างที่ 3.1 ในการถ่ายระดับจากหมุด BM ไปหมุด A อ่านค่าไม้ระดับที่ BM ได้ 1.752 เมตร และอ่านค่าไม้ระดับที่จุด A ได้ 1.230 เมตร ถ้าค่าระดับของ BM =10.144 เมตร จงหาค่าระดับของจุด A

ก) คำนวณจากค่าระดับแนวเล็ง

ค่าระดับแนวเล็ง HI = 10.144 + 1.752

= 11.896 เมตร

ค่าระดับของจุด A = 11.896 - 1.230

= 10.666 เมตร

ข) คำนวณจากค่าต่างระดับ

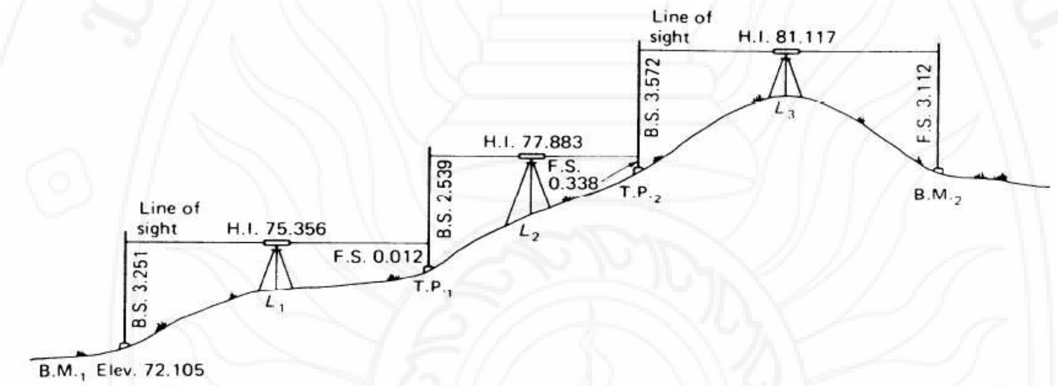
ค่าต่างระดับระหว่างจุดทั้ง = 1.752 - 1.230

= 0.522 เมตร

ค่าระดับของจุด A = 10.144 + 0.522

= **10.666** เมตร

ตัวอย่างที่ 3.2 การถ่ายระดับจาก BM1 ไปหมุด BM2 อ่านค่าไม้ระดับดังรูป จงหาค่าระดับของจุด BM2



ก) คำนวณจากค่าระดับแนวเล็ง ค่าระดับแนวเล็ง *HI1* = 72.105 + 3.251 = 75.356

ค่าระดับของจุด *TP 1* = 75.356 – 0.012 = 75.344 เมตร

ค่าระดับแนวเล็ง *HI2* = 75.344 + 2.539 = 77.883

ค่าระดับของจุด *TP 2* = 77.883 – 0.338 = 77.545 เมตร

ค่าระดับแนวเล็ง *HI3* = 77.545 + 3.572 = 81.117

ค่าระดับของจุด *BM2* = 81.117 – 3.112 = **78.005** เมตร

ข) คำนวณจากค่าต่างระดับ

ค่าต่างระดับ *BM 1- BM2* = (3.251+2.539+3.572) - (0.012+0.338+3.112)

= 9.362 – 3.462 = 5.900 เมตร

ค่าระดับของจุด *2* = 72.105 + 5.900 **78.005** เมตร

ข้อสังเกต การคำนวณหาค่าระดับทั้ง 2 วิธีคือ การหาค่าระดับจากค่าระดับของแนวเล็ง และการหาค่าระดับจากค่าต่างระดับ ดูเหมือนมีความแตกต่างกันน้อยมาก แต่แท้จริงแล้วการเลือกใช้วิธี

ในการ คำนวณที่เหมาะสมมีความสำคัญ เพราะในบางกรณีถ้าเลือกผิดวิธี จะทำให้การคำนวณยืดยาวโดยไม่ จำเป็น หรืออาจคำนวณไปถึงขั้นตอนสุดท้ายไม่ได้ จึงอาจให้ข้อสังเกตเบื้องต้น ดังนี้

1) การหาค่าระดับจากค่าระดับของแนวเล็ง เหมาะสำหรับ การหาค่าระดับของจุดรายละเอียด เพราะ การทำงานลักษณะนี้จะส่องไม้หลัง 1 ครั้ง แต่ส่องไม้หน้าไปยังจุดหลายจุด โดยส่องไม้หลังไปยัง จุดอ้างอิง และส่องไม้หน้าไปยังจุดต่างๆที่ต้องการหาค่าระดับ การคำนวณหาค่าระดับของแนวเล็ง เพียงครั้งเดียว สามารถนำไปหาค่าระดับของจุดที่ต้องการหาค่าระดับได้หมด

2) การหาค่าระดับจากค่าต่างระดับ เหมาะสำหรับ การหาค่าระดับของจุดควบคุมหรือจุดอ้างอิง เพราะการทำงานลักษณะนี้จะส่องไม้หลัง *(BS)* ส่องไม้หน้า *(FS)* แล้วย้ายกล้อง จนจบงาน เช่น การถ่ายระดับจากจุดควบคุมที่มีอยู่ไปยังจุดควบคุมใหม่ จะเริ่มจากส่องไม้หลังไปยังจุดควบคุม *(BM)* และส่องไม้หน้าไปที่จุดเปลี่ยนระดับ *(TP)* ย้ายกล้อง ส่องกลับมายัง *TP* เดิมแล้วส่องไม้หน้า ไป *TP* ถัดไป ทำเช่นนี้จนเข้าบรรจบจุดควบคุมใหม่ที่ต้องการหาค่าระดับ การคำนวณ หาค่าต่าง ระดับสามารถหาได้สะดวกรวดเร็วจาก $\Sigma BS - \Sigma FS$

3.8 การตรวจสอบความถูกต้องและการปรับแก้งานระดับ

การตรวจสอบผลการทำงานว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด จะต้องทำงานระดับแบบการวัดเชิงเงื่อนไข คือ การทำระดับย้อนกลับไปที่จุดเริ่มต้นอีกครั้งหนึ่ง หรือทำไปบรรจบกับหมุดระดับอื่นที่รู้ค่าระดับแล้วก็ได้ เป็นการทำระดับแบบวงจรปิด สามารถคำนวณหาความคลาดเคลื่อนของการบรรจบ *(Error of closure)* ได้

การตรวจสอบโดยทำระดับวงจรปิดแบบวนกลับมายังจุดเริ่มนั้น เนื่องจากจุดเริ่มและจุดสุดท้าย เป็นจุดเดียวกันฉะนั้นค่าต่างระดับจุดเริ่มกับจุดสุดท้ายต้องเท่ากับศูนย์ ผลรวมค่าไม้หน้าจึงควรเท่ากับ ผลรวมค่าไม้หลัง หรือหากทำไปบรรจบกับหมุดระดับอื่นที่รู้ค่าระดับ ผลรวมค่าไม้หน้าลบกับผลรวมค่า ไม้หลังจะต้องเท่ากับค่าต่างระดับของจุดทั้งสอง ค่าที่ผิดไปเป็นความคลาดเคลื่อนของการทำงาน ใช้เป็น ตัวชี้ว่าผลงานอยู่ในเกณฑ์ความถูกต้องที่ต้องการหรือไม่ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ในการทำงานระดับ แต่ละชั้นงานแปรผันโดยตรงกับรากที่สองของระยะทางหน่วยกิโลเมตร ดังนี้

ก) งานชั้นหนึ่ง = $4\sqrt{K}$ มิลลิเมตร

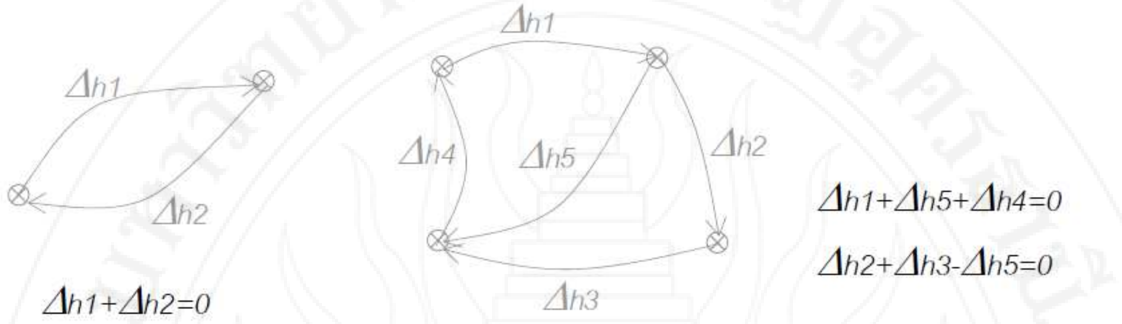
ข) งานชั้นสอง = $8\sqrt{K}$ มิลลิเมตร

ค) งานชั้นสาม = $12\sqrt{K}$ มิลลิเมตร

ง) งานชั้นสี่ = $25\sqrt{K}$ มิลลิเมตร

K เป็น ระยะทางของการทำงานระดับในหน่วย กิโลเมตร

ในงานระดับหมุดควบคุมหรือหมุดอ้างอิง จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของผลงานที่ได้ โดยหา ความคลาดเคลื่อนของการบรรจบ และปรับแก้ให้ค่าระดับถูกต้องตามเงื่อนไขทางเรขาคณิต โดยเงื่อนไข ของงานระดับ คือ ผลรวมของค่าต่างระดับในทุกวงจรปิดต้องเท่ากับศูนย์ ($\Sigma\Delta h = 0$)



ภาพที่ 3.17 เงื่อนไขทางเรขาคณิตของค่าต่างระดับ

ถ้าความคลาดเคลื่อนของการบรรจบอยู่ในกำหนดของชั้นงานที่ต้องการ ถือว่างานนั้นยอมรับได้ แล้วจึงทำการคำนวณปรับแก้ ซึ่งจะใช้วิธีกระจายความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไปตามหมุดระดับแต่ละหมุด ด้วยการปรับแก้ค่าต่างระดับ โดยอาจให้น้ำหนักการปรับแก้แต่ละค่าเท่ากัน หรือให้น้ำหนักการปรับแก้ แปรตามระยะทางระหว่างจุด หรืออาจประมาณไปตามจำนวนครั้งที่ทำการตั้งกล้อง (จำนวนหมุด TP) ในแต่ละช่วงของค่าต่างระดับ

ตัวอย่างที่ 3.3 ในการถ่ายระดับจากหมุด BM ที่มีค่าระดับ 22.394 เมตร ไปยังจุด A ที่ห่างออกไปประมาณ 400 เมตร โดยทำระดับจาก BMถึงจุด A แล้วย้อนกลับมาสิ้นสุดที่ BM ได้ข้อมูลการอ่านค่าไม้ระดับตามตารางจงหาระดับจุด A

ตารางที่ 3.1 ถ่ายระดับจาก BM ไปจุด A

จุด	ค่าไม้หลัง	ค่าไม้หน้า	จุด
BM	1.256	1.241	TP1
TP1	1.233	1.542	TP2
TP2	1.361	1.402	TP3
TP3	1.395	1.220	A
	5.245	5.405	

ถ่ายระดับจาก BM ไปจุด A

จุด	ค่าไม้หลัง	ค่าไม้หน้า	จุด
A	1.220	1.371	TP4
TP4	1.415	1.359	TP5
TP5	1.515	1.230	TP6
TP6	1.236	1.248	BM
	5.386	5.208	

สมมุติข้อกำหนดเป็นงานระดับชั้น 4

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมได้ = 25√0.8 = 22.4 มม.

ความคลาดเคลื่อนในการบรรจบ = ΣBS - ΣFS

= (5.245+5.386) - (5.405+5.208)

= 10.631-10.613 = 0.018

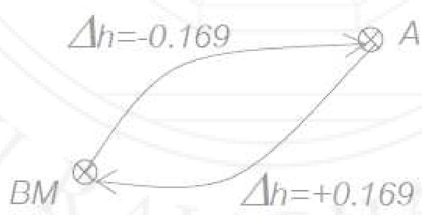
ความคลาดเคลื่อนในการบรรจบ (18.0) < ความคลาดเคลื่อนที่ยอมได้ (22.4) ***ใช้ได้***

ค่าปรับแก้ = -0.018/2 = -0.009

ค่าต่างระดับ BM-A = (5.245-5.405)-0.009 = -0.169

ค่าต่างระดับA-BM = (5.386-5.208)-0.009 = +0.169

ค่าระดับจุดA = 22.394-0.169 = 22.225 เมตร



ตัวอย่างที่ 3.4 การทำระดับโดยถ่ายระดับจากหมุด BM มายัง จุด A ได้ค่าระดับจุด A = 10.144 เมตร ถ้า A เป็นหมุดหนึ่งในวงรอบปิด A B C D E เพื่อหา ค่าระดับของหมุดที่เหลือ จึงทำระดับจาก จุด A ผ่านจุดต่างๆของ วงรอบแล้วกลับมาบรรจบที่ จุด A ได้ข้อมูลการวัดตามตาราง จงหาค่าระดับของหมุดวงรอบ

จุด	ค่าไม้หลัง	ค่าไม้หน้า
A	1.752	
B	1.660	1.230
TP1	1.776	1.415
C	1.965	1.176
TP2	1.335	1.223
TP3	1.251	1.944
D	1.275	1.762
E	1.183	1.826
A		1.623

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงการคำนวณค่าระดับ

จุด	Σค่าไม้หลัง	Σค่าไม้หน้า	Δh	ค่าปรับแก้	ค่าแก้Δh	ค่าระดับ
A						10.144
	1.752	1.230	0.522		0.522	
B						10.666
	3.436	2.591	0.845	+0.001	0.846	
C						11.512
	4.551	4.929	-0.378	+0.001	-0.377	
D						11.135
	1.275	1.826	-0.551		-0.551	
E						11.584
	1.183	1.623	-0.440		-0.440	
A						10.144

ความคลาดเคลื่อนของการบรรจบ = 12.197- = - 0.002

การปรับแก้ต้องกระจายความคลาดเคลื่อนไปยังค่าต่างระดับ (Δh) ระหว่างหมุดวงรอบ

แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนน้อยมากจึงพิจารณาปรับแก้เฉพาะช่วงที่มี TP คือ Δh_{BC} และ Δh_{CD}

ดังนั้นจะได้ค่าต่างระดับ Δh ที่ปรับแก้แล้ว จึงคำนวณหาค่าระดับของหมุดต่างๆ

ค่าระดับ จุด B = 10.144 + 0.522 = 10.666

ค่าระดับ จุด C = 10.666 + 0.846 = 11.512

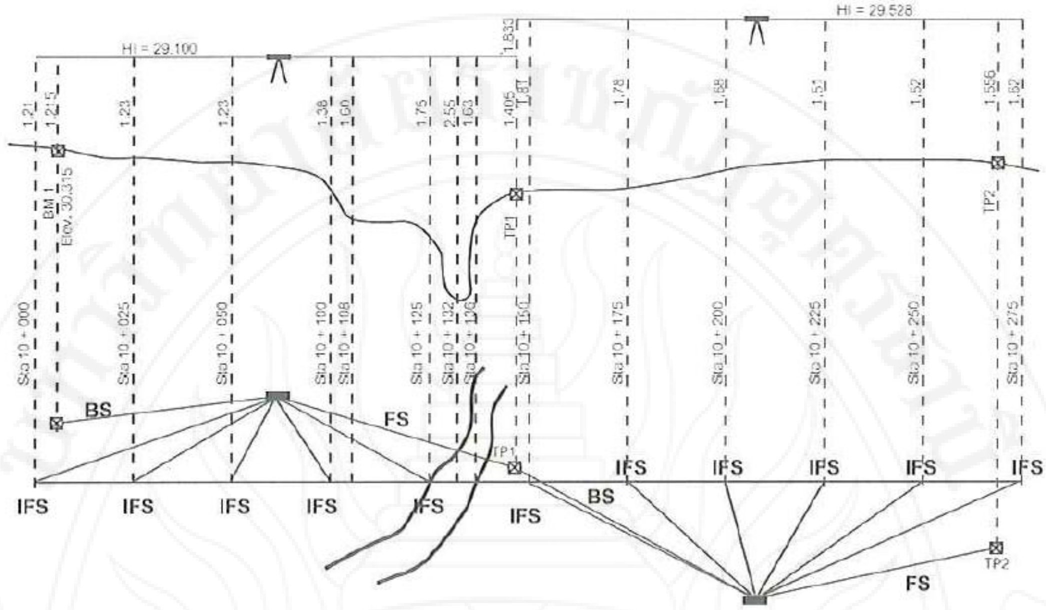
ค่าระดับ จุด D = 11.512 - 0.377 = 11.135

ค่าระดับ จุด E= 11.135 - 0.551 = 11.584

ค่าระดับ จุด A = 11.584 - 0.440 = 10.144 **** ตรวจสอบถูกต้อง

3.9 การทำระดับรูปตัดตามแนวยาว (Profile) และตามแนวขวาง (Cross Section)

การทำระดับรูปตัดตามแนวมีจุดประสงค์เพื่อหาระดับของจุดบนพื้นผิวตามแนวทางที่กำหนด แต่การทำระดับรูปตัดขวางแนวจะหาระดับของจุดบนพื้นผิวในแนวที่ตั้งฉากกับแนวทางที่กำหนด เป็นการหาค่าระดับของจุดรายละเอียด วิธีการทำงานจะส่องไม้หลังไปยังจุดBM และส่องไม้หน้ารอง (Intermediate Foresight, IFS) ไปยังจุดต่างๆที่ต้องการรู้ค่าระดับจนมีระยะไกลพอสมควรจึงส่องไม้หน้าไปจุด BM หรือ TP ถัดไป ย้ายกล้อง ส่องไม้หลังกลับมายังจุด BM หรือ TP ที่ผ่านมา แล้วส่องจุดที่ต้องการวัดต่อไปอีก ทำต่อไปเช่นนี้จนจบงาน เช่น งานก่อสร้างทางอาจจะวัดจุดในแนวศูนย์กลางที่ระยะเต็มทุก 25 เมตร และวัดในแนวตั้งฉากออกไปซ้าย-ขวาทุก 5 เมตร การคำนวณที่เหมาะสมใช้วิธีการหาค่าระดับจากค่าระดับแนวเล็ง เพราะเมื่อหาค่าระดับแนวเล็งเพียงครั้งเดียวสามารถนำไปหาค่าระดับของจุด IFS ที่วัดในการตั้งกล้องครั้งนั้นได้ทุกจุด



ภาพที่ 3.18 การรังวัดรูปตัดตามยาว

ตัวอย่างที่ 3.5 การทำระดับเพื่อหาระดับของรูปตัดตามแนวของเส้นทางสายหนึ่ง โดยออกจาก *BM6* ที่ มีค่าระดับ 270.273 เข้าบรรจบ *BM7* ที่มีค่าระดับ 273.600

Sta	*BS*	*HI*	*IFS*	*FS*	*Elevation*
BM_6	*2.868*	*273.141*			*270.273*
2+000			*2.06*		*271.08*
2+025			*1.63*		*271.51*
2+050			*1.62*		*271.52*
2+075			*1.41*		*271.73*
2+100			*1.01*		*271.13*
TP_{15}	*1.977*	*274.136*		*0.982*	*272.159*
2+125			*1.73*		*272.41*
2+150			*1.70*		*272.44*
2+175			*1.67*		*272.47*
2+200			*1.60*		*272.54*
2+225			*1.31*		*272.83*
BM_7				*0.540*	*273.596*
Σ	*4.845*			*1.522*	

HI ช่วง BM6 -TP15 = 270.273 + 2.868 = 273.141 ≈ 273.14

ค่าระดับที่ 2+000 = 273.14 - 2.06 = 271.08

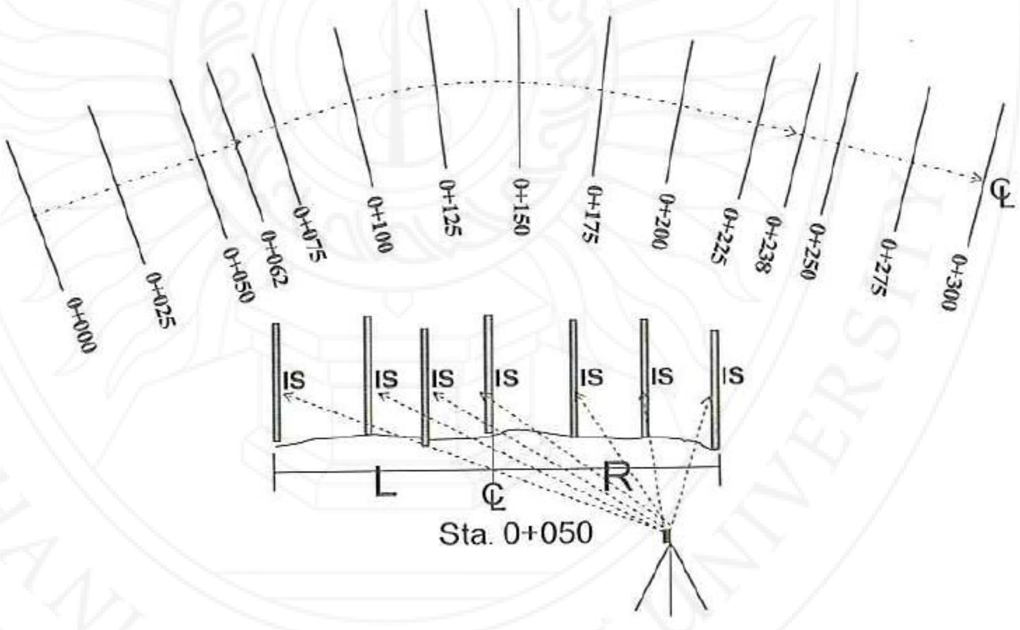
HI ช่วง TP15 – BM7 = 273.141 - 0.982 + 1.977 = 274.136

ค่าคลาดเคลื่อนระดับที่ BM7 = 273.596 - 273.600 = -0.004 **OK

ค่าคลาดเคลื่อนระดับที่ BM7 ถ้าน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ก็ใช้ได้ ไม่ต้องมีการปรับแก้

การรังวัดรูปตัดตามขวางนั้นคือการรังวัดหาค่าระดับของจุดพื้นผิวตามแนวตั้งฉากกับเส้นทางที่กำหนด โดยทั่วไปจะเริ่ม ณ ตำแหน่งเดียวกับจุดที่ได้ทำการรังวัดรูปตัดตามยาว ออกไปด้านซ้ายและด้านขวา ตามทิศของการนับสถานีตามระยะ โดยทำการรังวัดทุกระยะสั้นๆ เช่น 2 เมตร 3 เมตร รวมทั้งตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าระดับอย่างชัดเจน รูปตัดตามขวางมีประโยชน์ในการพิจารณารูปลักษณ์ของการออกแบบ การคำนวณพื้นที่หน้าตัด ปริมาตรงานดิน และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

การวัดค่าระดับจุดของรูปตัดตามขวาง จะวัดออกจากแนวเส้นไปทีละด้าน คือด้านซ้านและด้านขวา โดยถือทิศทางไปข้างหน้าเป็นหลัก วิธีการวัดสามารถทำไปพร้อมกับวัดค่าระดับตามแนวก็ได้ หรือจะทำภายหลังจากรังวัดรูปตัดตามยาวเสร็จแล้ว ซึ่งวิธีหลังนี้สามารถใช้จุดสถานีของรูปตัดตามแนวเป็นตำแหน่งอ้างอิงในการรังวัดตามขวางได้



ภาพที่ 3.19 การรังวัดรูปตัดตามขวางที่สถานี 0+050

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

ตัวอย่างที่ 3.6 การทำระดับเพื่อหาระดับของรูปตัดขวางแนวของเส้นทางสายหนึ่ง เริ่มออกงานจากหมุด *BM8* ที่มีค่าระดับ 42.485 เมตร โดยวัดจุดที่แนวศูนย์กลาง และจุดที่วัดจากแนวศูนย์กลางไปทางซ้าย และขวาข้างละ 3 จุด

Sta.	*BS*	*HI*	*FS*	*Elev.*	*Left*			C_L	*Right*		
BM_8	1.483	43.968		42.485							
2+025					1.02 / 42.95	1.35 / 42.62	1.42 / 42.55	1.56 / 42.41	1.68 / 42.29	1.72 / 42.25	1.78 / 40.19
2+050					1.46 / 42.51	1.50 / 42.67	1.58 / 42.39	1.63 / 42.34	1.70 / 42.27	1.80 / 42.17	1.88 / 42.04
2+075					1.50 / 42.47	1.58 / 42.39	1.66 / 42.31	1.74 / 42.23	1.80 / 42.17	1.87 / 42.10	1.94 / 42.03
2+100					1.55 / 42.42	1.64 / 42.33	1.71 / 42.26	1.80 / 42.17	1.94 / 42.03	1.99 / 42.98	2.15 / 41.82
TP_1	1.241	43.783	1.426								
2+125					1.58 / 42.20	1.68 / 42.10	1.65 / 42.08	1.70 / 42.08	1.54 / 42.34	1.78 / 42.10	1.84 / 41.94
2+150					1.80 / 41.98	1.81 / 41.97	1.87 / 41.91	1.92 / 41.96	1.98 / 41.80	2.10 / 41.68	2.18 / 41.60

HI ช่วง BM8 -TP1 = 42.485 + 1.483 = 43.968 ≈ 43.97

ค่าระดับที่ 2+025 CL = 43.97 – 1.56 = 42.41

Left จุดแรก = 43.97 – 1.42 = 42.55

Right จุดแรก = 43.97 – 1.68 = 42.29

HI ช่วงหลัง TP1 = 43.968 - 1.426+ 1.241 = 43.783

การคำนวณค่าอื่นก็ทำเช่นเดียวกัน

ข้อสังเกต

1) การทำระดับรูปตัดตามแนวและขวางแนว เป็นการหาค่าระดับของจุดรายละเอียด ฉะนั้นจึงไม่มี การปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อน เพียงแต่มี่การทำระดับเข้าบรรจบหมุดควบคุม เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ของงาน ถ้าความคลาดเคลื่อนเมื่อเข้าบรรจบหมุดควบคุมน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ ก็ ถือว่างานนั้นใช้ได้

2) การวัดไปยังจุดรายละเอียดจะวัดด้วยความละเอียดเพียง เซนติเมตร ในขณะที่การวัดไปยังหมุด *BM* และ TP จะวัดด้วยความละเอียดถึง มิลลิเมตร เพราะ *BM* และ *TP* ถือเป็นจุดควบคุม หรือ จุดอ้างอิง

3) ความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวัดจุดรายละเอียดจุดใดๆจะไม่มีผลต่อความ ถูกต้องในการวัดจุดอื่น

3.10 สาเหตุความคลาดเคลื่อนในงานระดับ

3.10.1 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องมือ เนื่องจากกล้องอาจไม่ได้รับการตรวจสอบและปรับแก้ให้ อยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้งาน กล้องระดับจึงอาจมีความคลาดเคลื่อนของแนวเล็ง *(Collimation Error)* คือ แนวเล็งไม่อยู่ในแนวราบจริงในขณะใช้งาน นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนยังอาจเกิด จากการแบ่งระยะบนไม้ระดับ เป็นต้น

3.10.2 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากบุคคล โดยทั่วไปข้อจำกัดในการมองของผู้วัดปกติในระยะ 100 เมตร ไม่ควรอ่านผิดเกินกว่า 2 มิลลิเมตร แต่ถ้าผู้ปฏิบัติงานให้ความใส่ใจในการทำงานน้อยไป เช่น ขณะอ่านค่าไม้ระดับฟองอากาศหลอดระดับไม่อยู่กึ่งกลาง ถือไม้ระดับไม่อยู่ในแนวดิ่ง ปรับ โฟกัสเส้นใยเล็งหรือโฟกัสภาพไม้ระดับไม่ดีพอ ทำให้เกิดภาพเหลื่อม เป็นต้น ความคลาด เคลื่อนในการอ่านไม้ระดับก็จะเกินกว่าที่ควรจะเป็น

3.10.3 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากธรรมชาติ มีหลายสาเหตุที่ทำให้ผลงานที่ได้ไม่ดี เช่น บริเวณพื้นดิน อ่อนทำให้จุดตั้งกล้องหรือจุดเปลี่ยนระดับมีการทรุดตัว ความโค้งของโลกและการหักเหของแสง ในบรรยากาศทำให้ค่าอ่านไม้ระดับต่างจากค่าที่ควรได้ คลื่นความร้อนในเวลาที่มีแดดจัดถ้าจุด เล็งอยู่ใกล้พื้นดิน จะทำให้เห็นแนวเล็งเต้น ลมทำให้กล้องระดับสั่นและยากแก่การปรับให้ฟองอากาศของหลอดระดับอยู่กึ่งกลาง เป็นต้น

ขนาดของความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากสาเหตุต่างๆที่กล่าวมา ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างและ เป็นการยุ่งยากที่จะคำนวณหาขนาดของความคลาดเคลื่อนหรือพยายามที่จะแสดงให้เห็นว่าความ คลาดเคลื่อนชนิดใดมีผลหรือสำคัญกว่ากัน เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทำงานน้อยที่สุดควรที่จะ คำนึงถึงข้อปฏิบัติหรือพยามทำตามคำแนะนำดังต่อไปนี้

1) รักษากล้องให้อยู่ในสภาพดีมีการปรับแก้อย่างถูกต้องสมบูรณ์อยู่ตลอดเวลา

2) พยายามรักษาให้ระยะไม้หน้าเท่ากับระยะไม้หลังในการตั้งกล้องทุกครั้ง

3) ปรับฟองอากาศหลอดระดับให้อยู่กึ่งกลางในขณะใช้งาน

4) ถือไม้ระดับให้อยู่ในแนวดิ่ง หากจำเป็นต้องอ่านโดยที่ไม้ระดับไม่นิ่ง ให้เลือกอ่านค่าที่น้อย ที่สุด เพราะจะเป็นค่าที่ ไม้ระดับตั้งฉากกับแนวเล็ง

3.11 สรุปประจำบท

การระดับเป็นการหาค่าระดับหรือความแตกต่างระหว่างจุด 2 จุดบนพื้นโลก ข้อมูลที่ได้จากการทำระดับสามารถนำไปออกแบบทางหลวง กำหดนระดับสิ่งก่อสร้าง และคำนวณหาปริมาณงานดิน วิธีการหาระดับแบ่งออกเป็น 4 วิธี คือ วิธีตรง วิธีอ้อม สเตเดีย และบารอมิเตอร์ เครื่องมือหลักก็คือกล้องและไม้ระดับ ส่วนการปรับระดับกล้องจะแยกออกเป็น 3 กรณี คือ ควง 3 ตัวและควง 4 ตัว และกล้องอัตโนมัติ สำหรับชั้นของงานระดับแบ่งออกเป็น 4 ชั้นตามมาตรฐานกรมทางหลวง

ประเภทของการทำระดับแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การทำระดับอย่างง่าย และการทำระดับแบบหลายจุดหรือแบบต่อเนื่อง ในส่วนของอัตราความลาดเอียงหาจากระยะราบหารด้วยระยะตั้ง

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงบอกความหมายและประโยชน์ของการทำระดับมาอย่างละเอียด
2. จงคำนวณระดับต่อเนื่องของงานระดับต่อไปนี้

Sta.	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM.1	1.846	101.846		100.000	
TP1.	0.895		1.355		
TP2.	1.936		1.509		
TP3	1.442		1.055		
TP4.	2.165		1.650		
TP5.	1.742		1.533		
TP6.	1.465		1.924		
TP7.	2.242		1.723		
TP8.	1.827		0.896		
TP9.	1.348		1.752		
BM2			1.583		

3. จงอธิบายและเขียนรูปแสดงความหมายของคำต่อไปนี้แนวดิ่ง (vertical line) พื้นผิวระดับ(level surface) แนวระดับ(level line) แนวราบ(horizontal plane) พื้นหลักฐานอ้างอิงทางดิ่ง(datum) ค่าระดับความสูง(elevation) ค่าต่างระดับ(elevation difference)
4. ชั้นของงานระดับแบ่งออกเป็นกี่ประเภท ประเถทใดมีความละเอียดของงานสูงสุด จงอธิบายอย่างละเอียด
5 จงคำนวณหาข้อมูลที่ขาดหายไปในตาราง และตรวจสอบผลการคำนวณ

Sta.	**B.S.**	**I.S**	**F.S**	**Rise**	**Fall**	**Elev.**
1	3.250					?
2	1.880		?		0.600	?
3		2.250			?	?

Sta.	B.S.	I.S	F.S	Rise	Fall	Elev.
4	?		1.920	?		?
5		2.540			0.015	?
6	?		?	1.000		?
7	1.175		2.115		?	225.305
8		1.625			?	?
9	?		1.895		0.270	?
10			1.255		0.750	?
Total	11.450					

เอกสารอ้างอิง

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด (ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอคทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S K Duggal . 2008 . **Surveying** (volume 1) . 2 nd . Tata McGraw – Hill , New delhi

www.oknation.net

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4

มุมและทิศทาง

หัวข้อเนื้อหา

มุมและทิศทาง

4.1 นิยามเบื้องต้น

4.2 เมอริเดียน

4.3 แบริงและแอซิมัธ

4.4 เครื่องมือวัดมุมและทิศทาง

4.5 ส่วนประกอบของกล้องธีโอโดไลท์

4.6 การตั้งกล้องธีโอโดไลท์

4.7 การส่องกล้องธีโอโดไลท์

4.8 การวัดหามุมราบ

4.9 การหามุมดิ่ง

4.10 ความคลาดเคลื่อนของการวัดมุม

4.11 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 4

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความรู้และทักษะดังนี้

1. อธิบายวิธีการและการใช้เครื่องมือในการรังวัดมุมราบและมุมดิ่งได้
2. อธิบายความหมายของเมอริเดียนได้
3. อธิบายส่วนประกอบของกล้องวัดมุมและอ่านค่ามุมได้
4. อธิบายระบบของการวัดมุมราบ ทั้งระบบแบริ่งและระบบอะซิมัธ พร้อมทั้งสามารถเปลี่ยนระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่งได้
5. สามารถตั้งกล้องวัดมุมได้อย่างถูกต้องตามหลักการการตั้งกล้อง
6. สามารถอ่านค่ามุมราบและมุมดิ่งจากกล้องวัดมุมทีโอโดไลท์ได้อย่างถูกต้อง

7. สามารถวัดค่ามุมดิ่ง และมุมราบได้อย่างถูกต้อง
8. คำนวณหาค่ามุมราบภายในของรูปหลายเหลี่ยมและปรับแก้ค่ามุมภายในได้อย่างถูกต้องตามหลักกการการปรับแก้มุมภายใน
9. สามารถคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนในงานสำรวจมุมราบและเปรียบเทียบค่านั้นกับเกณฑ์งานวัดมุมราบได้

วิธีสอนและกิจกรรม

1. ชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหา และเกณฑ์การให้คะแนนรายวิชา
2. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบเอกสารประกอบการสอนและรูปภาพ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในแต่ละหัวข้อและเสนอแนวความคิด ก่อนข้ามหัวข้อนั้น
4. ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียน สอบถามผู้เรียนถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัย และสรุปเนื้อหาประจำบท
5. มอบหมายให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน และกำหนดวันส่ง
6. ชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนในครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนไปศึกษาก่อนล่วงหน้า
7. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน
8. แบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตามใบงานที่ได้มอบหมาย และกาหนดวันส่งรายงาน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อเอกสารประกอบการสอนอิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. ใบงาน
7. อุปกรณ์การทดลองตามใบงาน ประกอบด้วย
   - 7.1 ใบงานเรื่อง กล้องวัดมุม
   - 7.2 กล้องวัดมุม ทีโอโดไลท์
   - 7.3 ขาตั้งกล้อง
   - 7.4 ค้อน,peg ไม้
   - 7.5 สมุดสนาม
8. แบบฝึกหัดท้ายบท
9. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล

1. ประเมินจากความตรงต่อเวลาของนักศึกษาในการส่งงานและเข้าเรียน
2. ประเมินจากการซักถาม-ตอบคำถาม
3. ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบท
4. ประเมินจากการปฏิบัติการในใบงาน
5. ประเมินจากรายงานของใบงาน
6. ประเมินจากผลการสอบย่อย

การประเมินผล

1. จากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จตามเวลา
2. ทำใบงานถูกต้องและครบสมบูรณ์
3. ทำแบบฝึกหัดมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4 มุมและทิศทาง

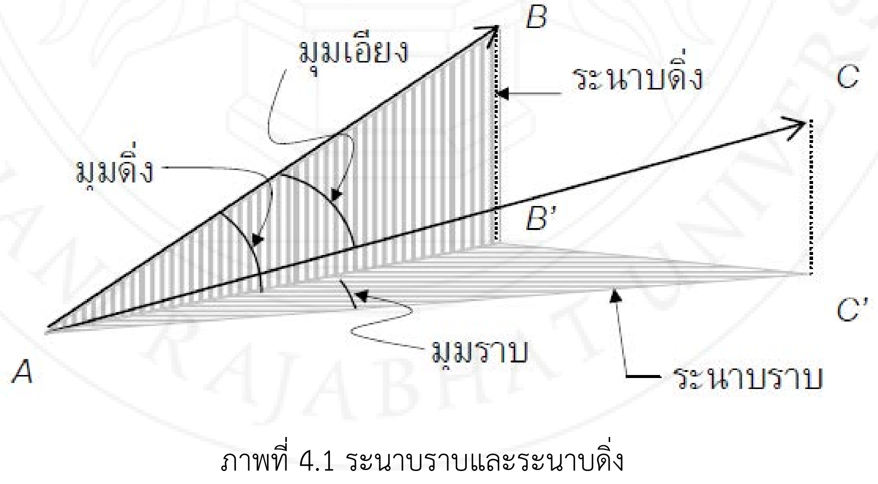
(Angle and Direction)

4.1. นิยามเบื้องต้น

4.1.1. **เส้น** ได้แก่ เส้นดิ่ง *(Vertical line)* กับ เส้นราบ *(Horizontal line)* เส้นดิ่งเป็นเส้นที่มีทิศตามแนวแรงดึงดูดของโลก ที่จุดใดจุดหนึ่งบนผิวโลกจะมีเส้นดิ่งเพียงเส้นเดียวเท่านั้น เส้นดิ่งจึงเป็นเส้นอ้างอิงหลัก การหาเส้นดิ่งหรือแนวดิ่งทำได้ง่ายโดยการแขวนลูกดิ่งเหนือจุดนั้น ส่วนเส้นราบเป็นเส้นที่ตั้งฉากกับเส้นดิ่งซึ่งมีได้รอบเส้นดิ่ง การหาเส้นราบหรือแนวราบมักใช้หลอดระดับช่วย (ทั่วไปเรียกลูกน้ำ)

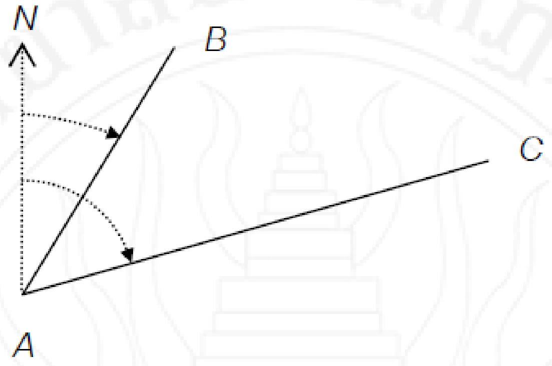
4.1.2. **ระนาบ** ได้แก่ ระนาบดิ่ง *(Vertical plane)* กับ ระนาบราบ*(Horizontal plane)* ระนาบดิ่งที่จุดใดคือระนาบที่มีเส้นดิ่งที่ผ่านจุดนั้นอยู่บนระนาบ ส่วนระนาบราบคือระนาบที่ตั้งฉากกับเส้นดิ่งที่จุดนั้น

4.1.3. **มุม** ได้แก่ มุมดิ่ง (Vertical angle) และ มุมราบ *(Horizontal angle)* มุมดิ่ง คือ มุมที่วัดบนระนาบดิ่งโดยวัดเป็นมุมก้มหรือมุมเงยจากระนาบราบตรงจุดที่ทำการวัด ส่วนมุมราบคือมุมระหว่างระนาบดิ่ง 2 ระนาบ ที่วัดบนระนาบราบตรงจุดที่ทำการวัดนั้น ดังนั้นเส้นตรงสองเส้นตัดกันถ้าเส้นตรงทั้งสองไม่อยู่ในแนวราบมุมระหว่างเส้นทั้งสองนั้นจะไม่ใช่มุมราบ แต่จะเป็นมุมบนระนาบเอียง มุมราบของเส้นตรงสองเส้นตัดกัน คือ มุมระหว่างระนาบดิ่งสองระนาบที่ผ่านเส้นตรงสองเส้นนั้นและต้องเป็นมุมที่วัดบนระนาบราบที่จุดนั้นด้วย



ภาพที่ 4.1 ระนาบราบและระนาบดิ่ง

4.1.4. **ทิศทาง** ทิศทางของแนวเส้นตรงใดๆคือ มุมราบที่วัดจากแนวอ้างอิงเส้นหนึ่งไปยังเส้นตรงนั้น แนวอ้างอิงนี้เรียกว่า เมอริเดียน หรือเรียกกันทั่วไปว่า แนวเหนือ-ใต้

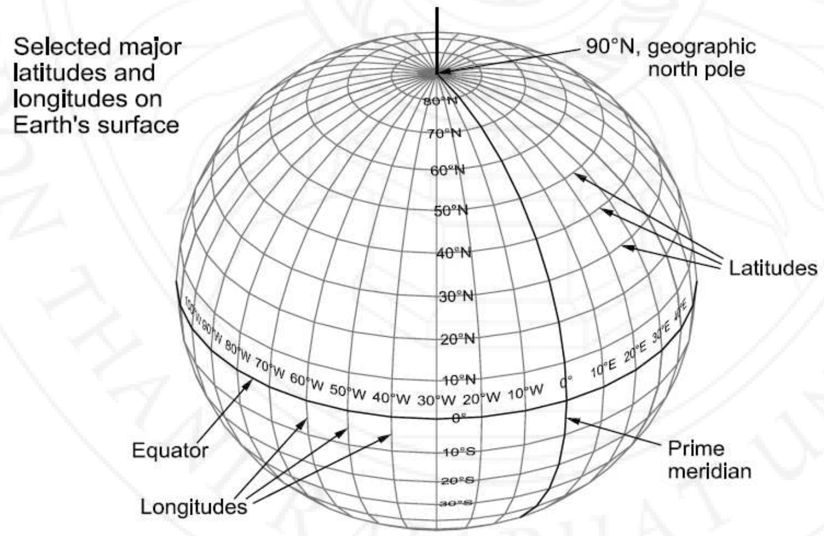


ภาพที่ 4.2 มุมอ้างอิงจากแนวทิศเหนือ

4.2. **เมอริเดียน** (meridian)

เมอริเดียนเป็นเส้นที่สมมุติขึ้นบนผิวโลกเพื่อใช้เป็นแนวอ้างอิงในการแสดงทิศทางของเส้นตรงใดๆ ในงานสำรวจและแผนที่มีแนวเมอริเดียน 4 ชนิด คือ

4.2.1. **เมอริเดียนภูมิศาสตร์** (Geographic meridian) คือ แนวเหนือ-ใต้ภูมิศาสตร์ หรือแนวเหนือ-ใต้จริง โดยจินตนาการจากแกนหมุนของโลกแทงทะลุผิวโลกที่จุด 2 จุด เรียกว่า ขั้วเหนือภูมิศาสตร์ และขั้วใต้ภูมิศาสตร์

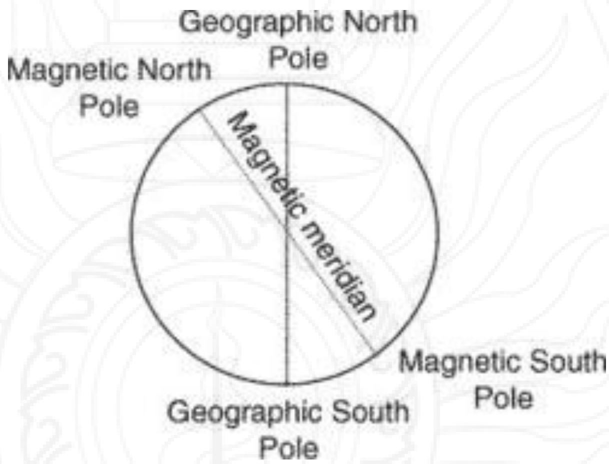


ภาพที่ 4.3 Geographic meridian

(ที่มา : http://wildernessnavigation.blogspot.com/2011/03/geographic-coordinate-symbol.html)

รอยตัดระหว่างผิวระดับกับระนาบดิ่งที่ผ่านขั้วเหนือภูมิศาสตร์และขั้วใต้ภูมิศาสตร์ เรียกว่า เมอริเดียนภูมิศาสตร์ แนวที่ชี้ไปทางขั้วเหนือภูมิศาสตร์เป็นทิศเหนือภูมิศาสตร์ ส่วนแนวที่ชี้ไปทางขั้วใต้ภูมิศาสตร์เป็นทิศใต้ภูมิศาสตร์ ทิศเหนือ-ใต้ภูมิศาสตร์ถือเป็นทิศเหนือ-ใต้จริง แนวที่ชี้ไปยังดวงดาวดวงหนึ่งขณะที่มีมุมสูงมากที่สุด จะเป็นแนวเมอริเดียนภูมิศาสตร์ ซึ่งหาได้จากการรังวัดทางดาราศาสตร์

4.2.2. **เมอริเดียนแม่เหล็ก** *(Magnetic meridian)* คือ แนวเหนือ-ใต้แม่เหล็กโลก เนื่องจากภายในโลกเสมือนมีแท่งแม่เหล็กธรรมชาติแท่งใหญ่วางอยู่ โดยมีขั้วเหนือและขั้วใต้อยู่ที่ตำแหน่งใกล้เคียงกับขั้วเหนือและขั้วใต้ทางภูมิศาสตร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กโลกขึ้น

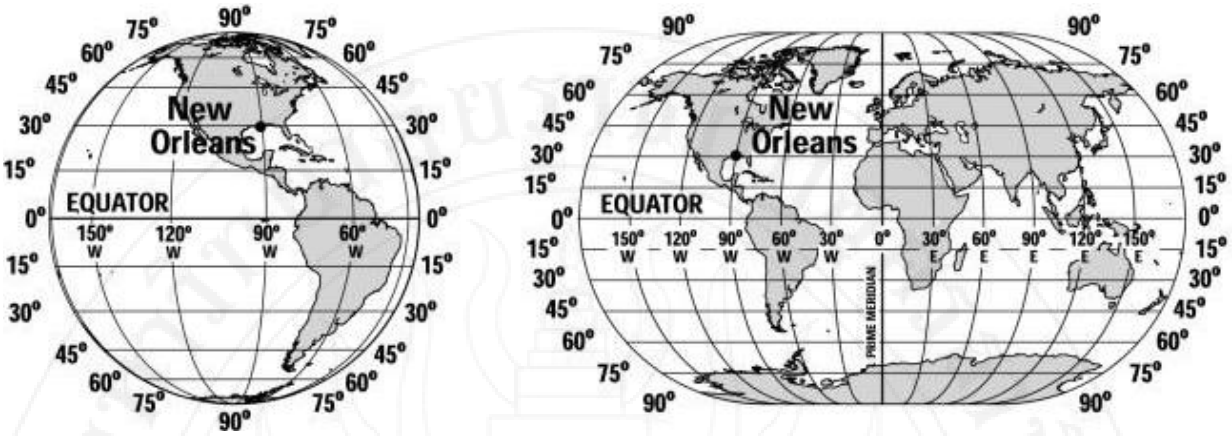


ภาพที่ 4.4 Magnetic meridian

(ที่มา : www.physicalgeography.net)

ถ้าแขวนแท่งแม่เหล็กที่มีรูปร่างเป็นแท่งยาวให้อยู่ในแนวราบ เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดแกว่งจะวางตัวตามแนวของเส้นแรงแม่เหล็กโลก ซึ่งก็คือแนวเมอริเดียนแม่เหล็ก ปลายแท่งแม่เหล็กที่ชี้ไปทางขั้วเหนือแม่เหล็กโลกแสดงทิศเหนือแม่เหล็ก ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งชี้ไปทางขั้วใต้แม่เหล็กโลกแสดงทิศใต้แม่เหล็ก

4.2.3. **เมอริเดียนกริด** *(Grid meridian)* คือ เส้นแสดงแนวเหนือ-ใต้ของเส้นโครงแผนที่ อาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งขึ้นอยู่กับชนิดของการฉายแผนที่



ภาพที่ 4.5 grid meridian

(ที่มา : www.worldmapsonline.com)

ซึ่งเป็นวิธีการถ่ายทอดรายละเอียดบนผิวโลกลงบนแผนที่ เป็นการฉายจุดบนรูปทรงกลมลงบนระนาบหรือพื้นผิวรูปทรงที่สามารถคลี่เป็นแผ่นระนาบได้ เช่น รูปกรวย รูปทรงกระบอก ในแผนที่ทั่วไปจะพบเห็นเป็นรูปตาราง เส้นในแนวเหนือ-ใต้บนแผนที่ก็คือเมอริเดียนกริด

4.2.4. **เมอริเดียนสมมุติ** *(Assumed meridian)* คือ ทิศเหนือ-ใต้สมมุติ เป็นการสมมุติขึ้นเพื่อความสะดวกในการคำนวณหรือการทำงานที่ไม่สนใจทิศทางที่แท้จริง

4.3. แบริงและแอซิมัธ (bearing and azimuth)

4.3.1. **ชนิดของแบริงและแอซิมัธ** ทิศทางของเส้นตรงใด คือ มุมราบที่วัดออกจากเส้นเมอริเดียนที่ผ่านจุดบนเส้นตรงไปยังแนวเส้นตรงนั้น **แบริง** คือทิศทางที่แสดงโดยการวัดมุมราบออกจากทิศเหนือหรือทิศใต้ของเมอริเดียน ไปยังเส้นตรง เป็นการเรียกทิศทางตามภาคทิศ *(Quadrant)* โดยขนาดมุมไม่เกิน 1 มุมฉาก และกำกับมุมด้วยตัวอักษรแสดงทิศทั้ง 4 คือ เหนือ(N) ใต้ (S) ออก (E) ตก (W) **แอซิมัธ** คือ ทิศทางที่แสดงโดยการวัดมุมราบตามเข็มนาฬิกาจากทิศเหนือของแนวเมอริเดียน ไปยังเส้นตรง แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามชนิดของเมอริเดียนที่อ้างอิง คือ

1) แบริงจริงหรือแอซิมัธจริง ถ้าทิศทางของเส้นวัดอ้างอิงกับเส้นเมอริเดียนภูมิศาสตร์

2) แบริงแม่เหล็กหรือแอซิมัธแม่เหล็ก ถ้าทิศทางของเส้นวัดอ้างอิงกับเส้นเมอริเดียนแม่เหล็ก

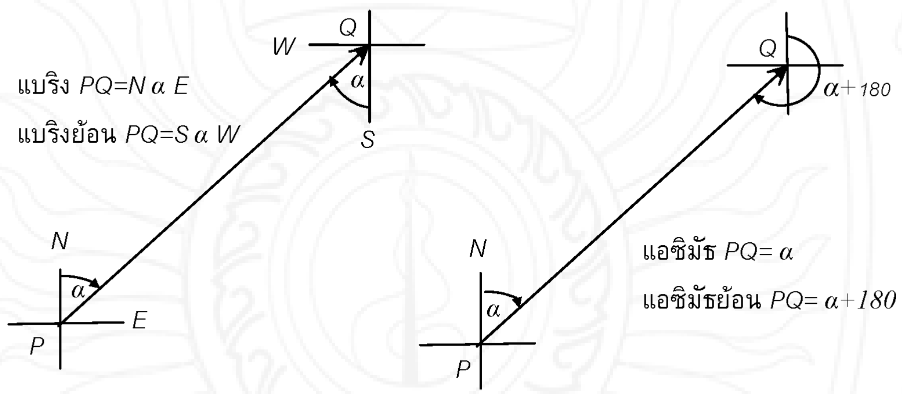
3) แบริงกริดหรือแอซิมัธกริด ถ้าทิศทางเส้นวัดอ้างอิงกับเส้นเมอริเดียนกริดของแผนที่

4) แบริงสมมุติหรือแอซิมัธสมมุติ ถ้าทิศทางของเส้นวัดอ้างอิงกับเส้นเมอริเดียนสมมุติ

4.3.2. **แบริงย้อนและแอซิมัธย้อน** เส้นตรงใดๆมี 2 ทิศทางซึ่งตรงข้ามกัน คือทิศทางหน้าและทิศทางหลัง การวัดหรือแสดงทิศทางของเส้นตรงด้วยแบริงหรือแอซิมัธ จะหมายถึงทิศทางหน้าของเส้นตรงนั้น และในทิศทางที่ตรงข้ามจะเรียกว่า แบริงย้อน *(back bearing)* หรือ แอซิมัธย้อน *(back azimuth)* ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางหน้ากับทิศทางย้อนจะเป็นดังนี้

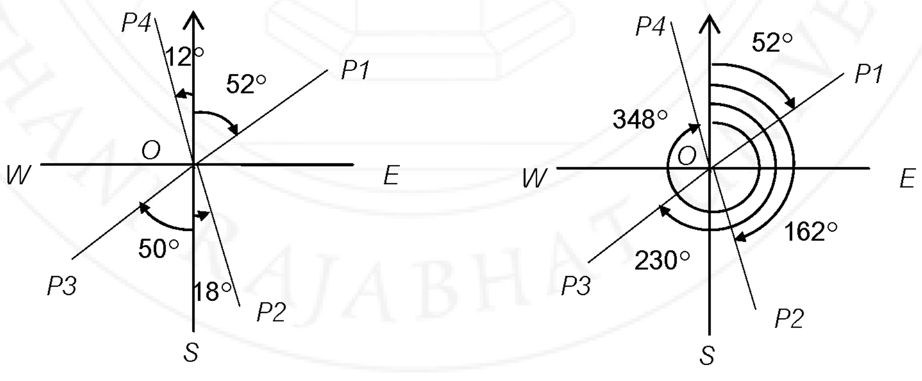
1) แบริง แบริงย้อนของแนวเส้นใดๆจะมีขนาดมุมเท่ากับแบริงของแนวเส้นนั้นแต่อักษรกำกับภาคทิศจะตรงข้าม

2) แอซิมัธ แอซิมัธย้อนของแนวเส้นใดๆจะมีขนาดต่างจากแอซิมัธของแนวเส้นนั้นเท่ากับ 180°



รูปที่ 4.6 (ก) ทิศทางแบริง *PQ* และแบริงย้อน *PQ* (ข) ทิศทางแอซิมัธ *PQ* และแอซิมัธย้อน *PQ*

4.3.3. **การแปลงค่าทิศทางแบริงกับแอซิมัธ** ให้พิจารณาภาคทิศของทิศทางแนวเส้นที่ต้องการแปลงค่าแล้วทำการแปลงค่าตามวิธีในตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.7 ทิศทางแบริงและทิศทางแอซิมัธบนภาคทิศทั้ง 4

OP1 = N 52° E = 52°

OP2 = S 18° E = 162°

OP3 = S 50° W = 230°

OP4 = N 12° W = 348°

ตารางที่ 4.1 การแปลงค่าทิศทางระหว่างแบริงกับแอซิมัธ

แนว	ภาคทิศ	การหาแบริ่งจากแอซิมัธ		การหาแอซิมัธจากแบริ่ง	
OP1	1	N *(Az)* E	*N 52° E*	Br	*52°*
OP2	2	S *(180-Az)* E	*S 18° E*	180 – Br	*162°*
OP3	3	S *(Az-180)* W	*S 18° E*	180 + Br	*230°*
OP4	4	N *(360-Az)* W	*N 12° W*	360 – Br	*348°*

ข้อสังเกต

1) ทิศทางแบริง อักษรกำกับภาคทิศตัวแรกจะเป็น N หรือ S เท่านั้น เพราะทิศทางเป็นมุมราบที่วัดออกจากทิศเหนือหรือทิศใต้ของเมอริเดียน

2) ทิศทางแอซิมัธไม่นิยมแสดงเป็นค่าลบ (-) หากมีค่าเป็นลบจะบวกด้วย 360°

3) การระบุตำแหน่งของจุดในแผนที่หรืองานรังวัดใช้ระบบ N-E ซึ่งต่างกับระบบ X-Y ที่คุ้นเคย คือแกนในแนวตั้งคือแกนเมอริเดียนจะเป็น N และในแนวนอนคือแกนขนานจะเป็น E และภาคทิศในระบบ N-E จะเรียงลำดับในทิศตามเข็ม เหมือนกับแอซิมัธ

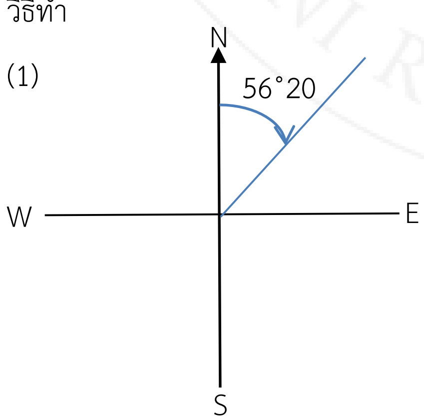
ตัวอย่าง 4.1 จงแปลงหน่วยทิศทางจากระบบแอซิมัธเป็นทิศทางตามระบบแบริ่ง

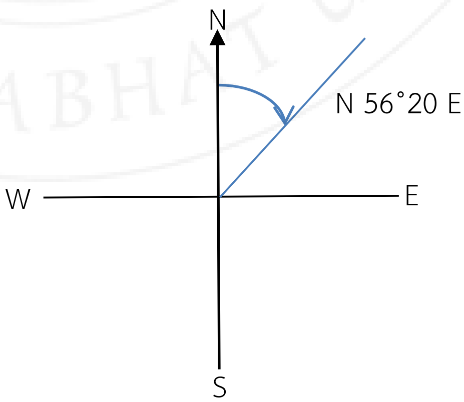
(1) 56˚20′ (2) 170˚05′

(3) 218˚30′ (4) 272˚50′

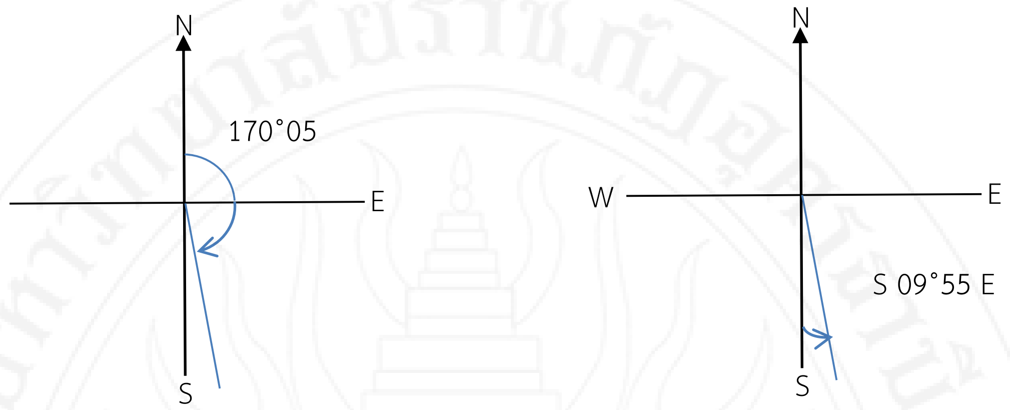
วิธีทำ

(1)

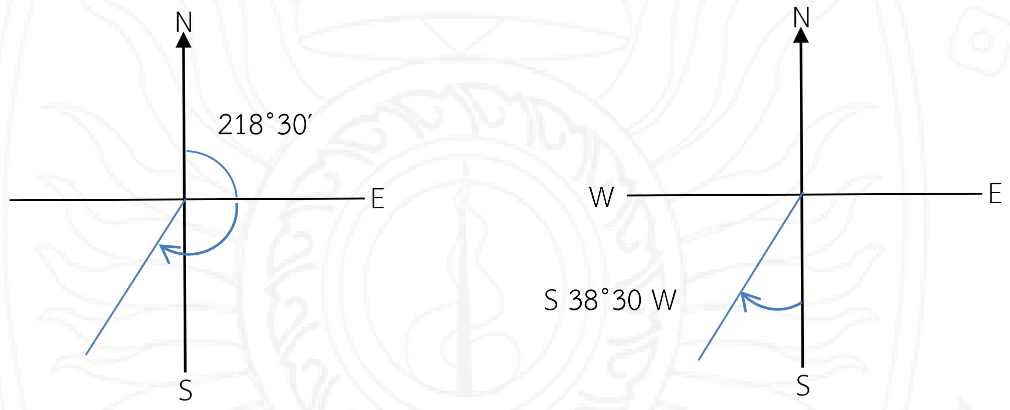




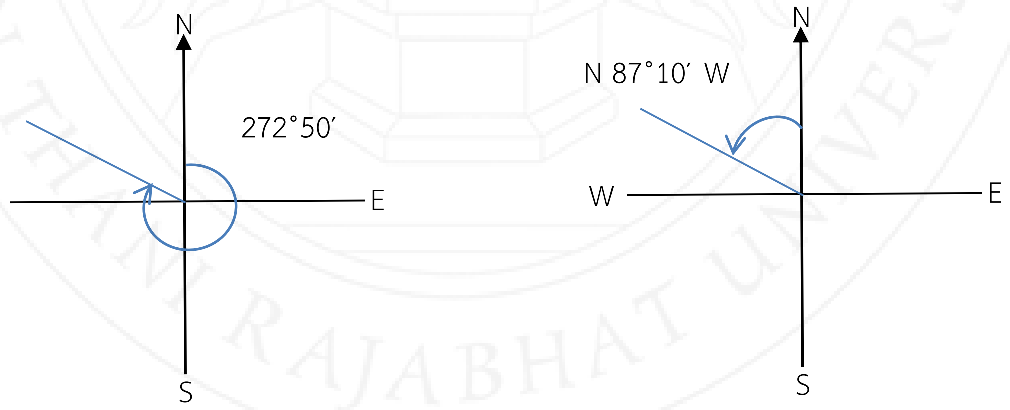
(2)


N
170°05
W
E
S
N
W
E
S 09°55 E
S

(3)


N
218°30′
W
E
S
N
W
E
S 38°30 W
S

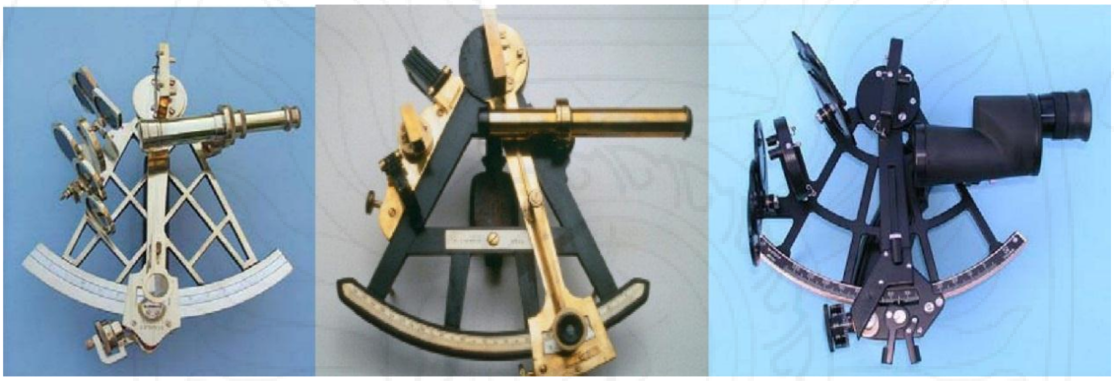
(4)


N
272°50′
W
E
S
N
N 87°10′ W
W
E
S

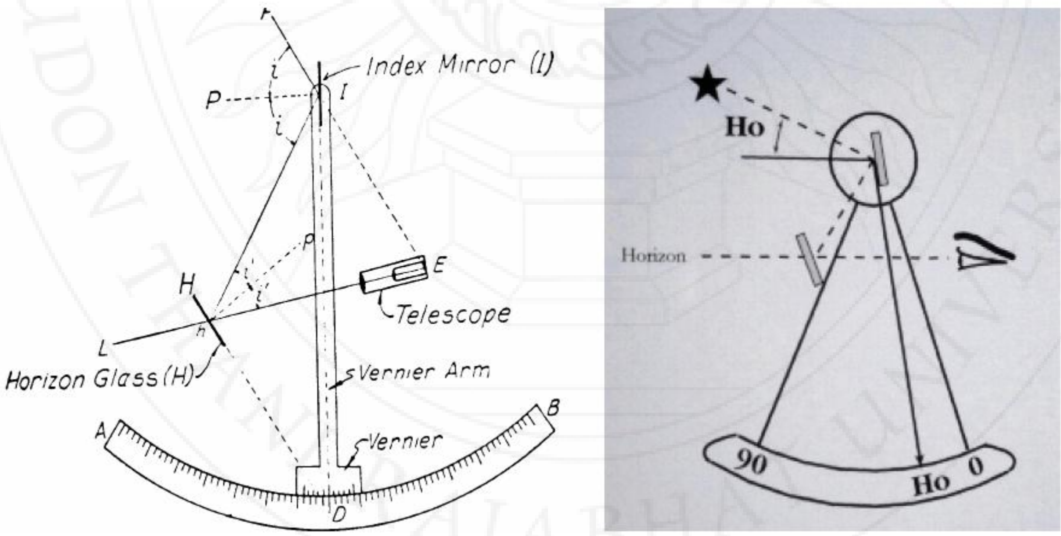
4.4. เครื่องมือวัดมุมและทิศทาง

เครื่องมือที่ใช้วัดมุมหรือทิศทางในงานสำรวจ ได้แก่ sextant เข็มทิศ และ กล้องธีโอโดไลท์ *(Theodolite)*

4.4.1. **Sextant** เป็นเครื่องมือวัดมุมระบบทัศน์ใช้มือถือ สำหรับวัดมุมดิ่งหรือมุมระหว่างคู่เป้าโดยวัดบนระนาบที่ผ่านเป้า ในอดีตนิยมใช้ Sextant ในการวัดเพื่อหาตำแหน่งสำหรับการเดินเรือและใช้วัดมุมสูงของดวงดาว วิธีใช้งาน จากจุดวัดเล็งกล้องของ Sextant ไปยังเป้าข้างหนึ่ง (ถ้าวัดมุมดิ่งแนวเล็งของกล้องจะอยู่ในแนวราบ) แล้วเลื่อนดัชนีจานองศาจนเห็นภาพสะท้อนของเป้าอีกข้างหนึ่งจนตรงกับเป้าข้างแรก แล้วอ่านค่ามุมระหว่างเป้าทั้งสอง หลักการวัดมุมใช้วิธีการสะท้อนภาพเป้าข้างหนึ่งสองครั้ง การสะท้อนครั้งหลังแนวแสงจะขนานกับแนวจากจุดวัดไปยังเป้าอีกข้างหนึ่งทำให้เห็นภาพของเป้าทั้งสองอยู่ตรงกัน ค่ามุมบนจานองศา เป็นมุมระหว่างเป้าทั้งสอง



ภาพที่ 4.8 Sextant แบบต่างๆ



ภาพที่ 4.9 เรขาคณิตการวัดมุมของ Sextant

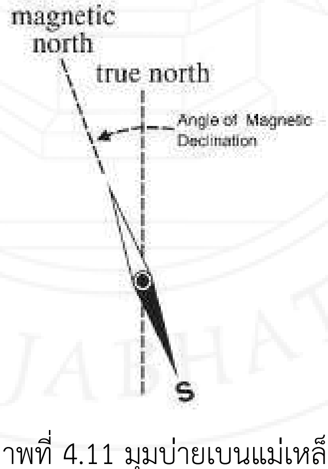
4.4.2. **เข็มทิศสำรวจ** เป็นเครื่องมือวัดทิศทางของเส้นตรง โดยอ้างอิงกับทิศเหนือแม่เหล็กโลก การรังวัดด้วยเข็มทิศเป็นการรังวัดที่ทำได้ง่าย เพราะวิธีการใช้เข็มทิศไม่ซับซ้อน แต่ผลการวัดมีความละเอียดต่ำเหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูง ส่วนประกอบที่สำคัญของเข็มทิศสำรวจ คือ แท่งแม่เหล็ก แท่งแม่เหล็กมีคุณสมบัติที่ใช้ในการวัดทิศทาง คือถ้าแขวนแท่งแม่เหล็กให้อยู่ในสมดุล หลังจากแกว่งจนหยุดนิ่งแล้ว อิทธิพลของสนามแม่เหล็กโลกจะทำให้แท่งแม่เหล็กที่แขวนหยุดนิ่งชี้ในแนวเหนือ-ใต้แม่เหล็กโลกหรือเมอริเดียนแม่เหล็ก แต่เนื่องจากขั้วเหนือและขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กโลกไม่อยู่ยู่ตำแหน่งเดียวกับขั้วเหนือและขั้วใต้ทางภูมิศาสตร์ ฉะนั้นแนวเหนือ-ใต้ที่ได้จากการใช้เข็มทิศจะไม่ใช่แนวเหนือ-ใต้จริง



ภาพที่ 4.10 เข็มทิศสำรวจแบบต่างๆ

การรังวัดด้วยเข็มทิศสำรวจเกี่ยวข้องโดยตรงกับอิทธิพลของสนามแม่เหล็กโลก ฉะนั้นจึงควรเข้าใจคุณสมบัติของสนามแม่เหล็กโลกบางประการ ดังนี้

1) มุมบ่ายเบนเหล็ก *(Magnetic declination)* คือ มุมที่เมอริเดียนแม่เหล็กเบี่ยงเบนจากเมอริเดียนจริง หรือมุมระหว่างเข็มทิศกับทิศเหนือจริง มุมบ่ายเบนแม่เหล็กแสดงด้วยขนาดของมุมและอักษรแสดงทิศ หรือใช้เครื่องหมายกำกับ คือ ถ้าเบี่ยงเบนจากเมอริเดียนจริงไปทางขวาจะกำกับด้วยอักษร E หรือ + แต่ถ้าเบี่ยงเบนไปทางซ้ายจะกำกับด้วยอักษร W หรือ –



ภาพที่ 4.11 มุมบ่ายเบนแม่เหล็ก

2) มุมเทแม่เหล็ก (Magnetic dip) คือมุมที่แกนแม่เหล็กที่เอียงทำมุมกับแนวราบ ถ้าแขวนแท่งแม่เหล็กที่จุดศูนย์ถ่วงเมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งแท่งแม่เหล็กจะไม่วางตัวอยู่ในแนวระดับ ในซีกโลกเหนือปลายขั้วเหนือจะเอียงลาดลง บนแผนที่สนามแม่เหล็กโลกจะแสดงค่ามุมบ่ายเบนแม่เหล็กของตำแหน่งต่างๆบนผิวโลก โดยแสดงเส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีค่ามุมบ่ายเบนแม่เหล็กเท่ากัน เรียกว่า *Isogonic Line* เส้นที่แสดงค่ามุมบ่ายเบนแม่เหล็กเป็นศูนย์ เรียกว่า *Agonic Line* และแสดงเส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีค่ามุมเทแม่เหล็กเท่ากัน เรียกว่า *Isoclinic Line* เส้นที่แสดงค่ามุมเทแม่เหล็กเป็นศูนย์ เรียกว่า *Aclinic line* ซึ่งจะอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตร

4.4.3. **กล้องธีโอโดไลท์** *(Theodolite)* เดิมเรียกกล้องทรานสิท *(Transit)* เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้มากที่สุด สำหรับวัดหามุมราบและมุมดิ่งของแนวหรือเส้นตรงใดๆ กล้องธีโอโดไลท์มีมากมายหลายแบบ เนื่องจากมีการผลิตกล้องธีโอโดไลท์ออกใช้มานานแล้ว และมีการพัฒนาผลิตรุ่นใหม่ๆเรื่อยมา ฉะนั้นกล้องธีโอโดไลท์จึงมีรายละเอียดส่วนประกอบและมีวิธีการใช้แตกต่างกันไป แต่ถ้าพิจารณาโดยจำแนกตามลักษณะของจานองศาหรือวิธีการอ่านค่ามุม สามารถจำแนกออกเป็น 3 ชนิด คือ

1*)* กล้องแบบเวอร์เนียร์ *(Vernier)* เป็นกล้องชนิดแรกเริ่ม อาศัยการแบ่งช่องที่มีขนาดต่างกันบนจานองศาและมาตรเลื่อน ทำให้อ่านค่ามุมได้ละเอียดขึ้น อาจมีแว่นขยายช่วยให้มองเห็นค่ามุมได้ชัดเจน



ภาพที่ 4.12 กล้องแบบเวอร์เนียร์

(ที่มา : www.accuratusindia.com)

2) กล้องแบบเชิงทัศน์ (Optical Theodolite) เป็นกล้องที่ใช้อุปกรณ์ที่อาศัยระบบการสะท้อนและการหักเหของแสงเป็นส่วนประกอบ เช่น เลนส์ ปริซึม กระจก ทำให้การอ่านค่ามุมง่ายขึ้น และใช้ไมโครมิเตอร์เพื่อให้สามารถวัดได้ละเอียดขึ้น



ภาพที่ 4.13 กล้องแบบเชิงทัศน์

(ที่มา : www.adainstruments.com)

3) กล้องแบบอิเลกทรอนิกส์ (Electronics Theodolite) เป็นกล้องที่ใช้เทคโนโลยี่ทางอิเลกทรอนิกส์ และไมโครโปรเซสเซอร์ ทำให้ผู้ใช้กล้องสามารถอ่านค่ามุมจากจอแสดงผล โดยแสดงเป็นตัวเลข และยังสามารถเก็บค่าการวัดไว้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบหน่วยความจำแบบต่างๆอีกด้วย กล้องแบบอิเลกทรอนิกส์ถ้าสามารถวัดมุมและวัดระยะทางได้ด้วย เรียกว่า Total station

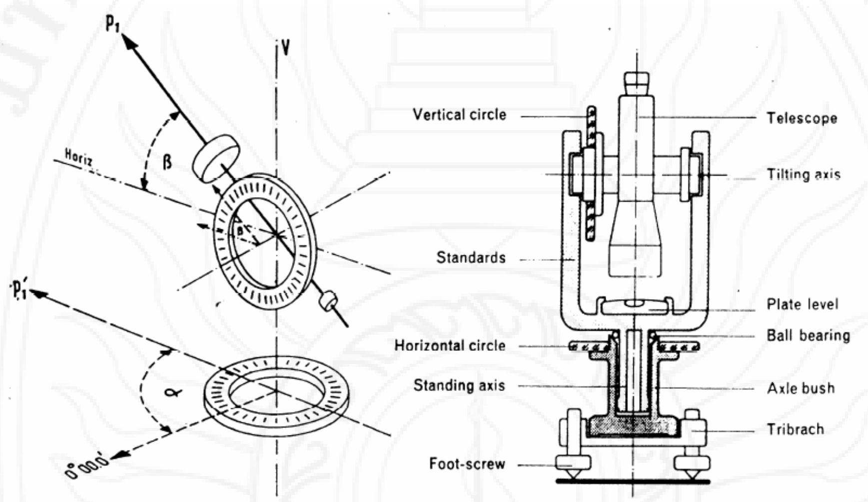


ภาพที่ 4.14 กล้องแบบอิเลกทรอนิกส์

(ที่มา : www.ecvv.com)

4.5. ส่วนประกอบของกล้องธีโอโดไลท์

กล้องธีโอโดไลท์เป็นเครื่องมือสำหรับวัดหามุมราบและวัดมุมดิ่งของแนวหรือเส้นตรงใดๆ ฉะนั้นส่วนประกอบที่สำคัญของกล้องธีโอโดไลท์ จึงเป็นส่วนประกอบเพื่อการทำงานตามจุดประสงค์ของเครื่องมือ คือ แกนดิ่ง แกนราบ แนวเล็ง จานองศาดิ่ง จานองศาราบ และส่วนประกอบอื่นๆ เนื่องจากมีผู้ผลิตกล้องธีโอโดไลท์มากหลายบริษัท ฉะนั้นกล้องธีโอโดไลท์จึงมีมากมายหลายแบบหลายรุ่น และมีรายละเอียดส่วนประกอบแตกต่างกันไป แต่โดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบพื้นฐานตามรูปที่ 4.10



ภาพที่ 4.15 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของกล้องธีโอโดไลท์

นอกจากส่วนประกอบพื้นฐานแล้วหากพิจารณาในแง่การใช้งาน กล้องธีโอโดไลท์จะต้องมีส่วนประกอบหรือปุ่มปรับสำหรับการทำงานใน *3* ส่วน ต่อไปนี้

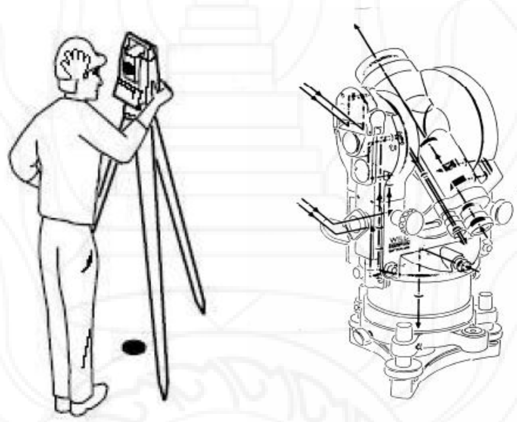
1) ส่วนที่เกี่ยวกับการตั้งกล้อง ได้แก่ ขากล้อง, ควงสามเส้า *(Foot-screw),* กล้องมองดิ่ง *(Optical plummet),*ลูกน้ำกลม *(Circular bubble)*, หลอดระดับ *(Plate level)*

2) ส่วนที่เกี่ยวกับการเล็งเป้า ได้แก่ ศูนย์เล็งหน้า, ศูนย์เล็งหลัง, โฟกัสเส้นใยเล็ง, โฟกัสภาพ, ควงยึดราบ,ควงยึดดิ่ง, ควงสัมผัสราบ, ควงสัมผัสดิ่ง

3) ส่วนที่เกี่ยวกับการอ่านค่ามุม ได้แก่ ช่องแสงโฟกัส ช่องอ่านมุม ไมโครมิเตอร์ ลูกน้ำมุมดิ่ง และกลไกสำหรับตั้งค่ามุมราบ

4.6. การตั้งกล้องธีโอโดไลท์

การตั้งกล้องธีโอโดไลท์ คือ การติดตั้งกล้องธีโอโดไลท์บนขากล้องโดยให้แกนดิ่งของกล้องดิ่งจริงและอยู่ตรงจุดหมายซึ่งปกติจะเป็นหมุดที่สร้างขึ้น สิ่งที่ใช้บอกให้ทราบว่าแกนดิ่งอยู่แนวดิ่งหรือไม่คือดูจากลูกน้ำหลอดระดับ ฟองอากาศจะต้องอยู่กลางเสมอไม่ว่าจะหมุนกล้องไปทางใด และแกนดิ่งของกล้องอยู่ตรงจุดที่ต้องการหรือไม่ โดยแขวนลูกดิ่งกับขอที่ตรงกับศูนย์ของกล้อง หรือดูผ่านกล้องมองดิ่ง เส้นใยเล็งต้องตรงจุดหมาย



ภาพที่ 4.16 การตั้งกล้องธีโอโดไลท์

การตั้งกล้องอาจมีการใช้ลูกดิ่งช่วยหรือไม่ใช้ลูกดิ่งก็ได้ โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติแต่ละวิธี ดังนี้

4.6.1. การตั้งกล้องโดยใช้ลูกดิ่ง

1) ตั้งขากล้องเหนือจุดหมาย ปรับความยาวขาให้พอเหมาะ โดยให้ระดับแป้นฐานอยู่สูงประมาณหน้าอกและอยู่ในระนาบราบเท่าที่จะเป็นได้จากการดูด้วยตา ใช้ลูกดิ่งช่วยการวางตำแหน่งขากล้องโดยทำให้ลูกดิ่งอยู่ภายในรัศมี 30 ซม.จากหมุด

2) กดขาสามขาให้แน่น ถ้าแนวลูกดิ่งเคลื่อนห่างจุดหมายมาก ให้ปรับความยาวของขากล้อง แนวลูกดิ่งจะเคลื่อนที่ ให้ปรับจนแนวลูกดิ่งเกือบตรงจุดหมาย

3) เอาลูกดิ่งออก ติดตั้งกล้องบนแป้นฐาน ถ้าดูจุดหมายด้วยกล้องมองดิ่งอาจจะไม่เห็นจุดหมายก็ไม่เป็นไร ปรับควงสามเส้าให้ระดับฟองกลมได้ระดับ ดูจุดหมายด้วยกล้องมองดิ่ง ศูนย์กลางเส้นใยเล็งของกล้องมองดิ่งจะห่างจุดหมายไม่มาก

4) คลายควงยึดกล้อง แล้วเลื่อนกล้องบนแป้นฐานของสามขาให้แนวดิ่งของกล้องตรงกับจุดหมาย แล้วยึดกล้องให้แน่น การเลื่อนระวังอย่าหมุนกล้องเพราะจะทำให้ระดับกล้องเคลื่อนไปมาก

5) ปรับระดับกล้องขั้นละเอียด โดยหมุนกล้องให้แกนหลอดระดับขนานกับแนวควงสามเส้าคู่หนึ่งหมุนควงสามเส้าคู่นั้นจนลูกน้ำของหลอดระดับอยู่กลางหมุนกล้องไป 90° หมุนควงสามเส้าตัวที่เหลือจนลูกน้ำของหลอดระดับอยู่กลาง

ตรวจสอบตำแหน่งแนวดิ่งของกล้องกับจุดหมายอีกครั้งด้วยกล้องมองดิ่ง ถ้าห่างจากจุดหมายให้ทำซ้ำในขั้นตอน 4) และปรับระดับกล้องขั้นละเอียดอีกครั้งเหมือนขั้นตอน 5)

4.6.2. **การตั้งกล้องโดยไม่ใช้ลูกดิ่ง**

1) ตั้งขากล้องเหนือจุดหมายโดยปรับความยาวขาให้พอเหมาะ ให้ระดับแป้นฐานอยู่สูงประมาณหน้าอกและอยู่ในระนาบราบเท่าที่จะเป็นได้จากการดูด้วยตา

2) ติดตั้งกล้องบนแป้นฐาน ดูจุดหมายด้วยกล้องมองดิ่ง หรือถ้าเป็นกล้องรุ่นใหม่จะมีอุปกรณ์ชี้เป้า *(Laser pointer)* จะต้องเห็นหรือตรงจุดหมาย พร้อมกับค่อยๆขยับวางขากล้องให้ศูนย์กลางกล้องมองดิ่งหรืออุปกรณ์ชี้เป้าจะตรงจุดหมาย

3) กดขาสามขาให้แน่น ตรวจสอบเส้นใยเล็งของกล้องมองดิ่งห่างจากจุดหมายมากหรือไม่ ถ้ามากให้ปรับควงสามเส้าพร้อมกับดูจุดหมายทางกล้องมองดิ่ง จนเส้นใยเล็งของกล้องมองดิ่งตรงจุดหมาย โดยไม่ต้องสนใจระดับกล้อง

4) ปรับระดับกล้องขั้นแรกด้วยการยืดหรือหดขากล้องในแนวที่กล้องเอียงโดยดูจากลูกน้ำกลม โดยทั่วไปจะปรับเพียง 2 ขาก็สามารถทำให้ลูกน้ำกลมได้ระดับ แต่เส้นใยเล็งของกล้องมองดิ่งจะเคลื่อนจากจุดหมายเล็กน้อย

5) คลายควงยึดกล้อง แล้วเลื่อนกล้องบนแป้นฐานของสามขาให้แนวดิ่งของกล้องตรงกับจุดหมาย แล้วยึดกล้องให้แน่น การเลื่อนระวังอย่าหมุนกล้องเพราะจะทำให้ระดับกล้องเคลื่อนไปมาก

6) ปรับระดับกล้องขั้นละเอียด โดยหมุนกล้องให้แกนหลอดระดับขนานกับแนวควงสามเส้าคู่หนึ่งหมุนควงสามเส้าคู่นั้นจนลูกน้ำของหลอดระดับอยู่กลางหมุนกล้องไป 90° หมุนควงสามเส้าตัวที่เหลือจนลูกน้ำของหลอดระดับอยู่กลาง

ตรวจสอบตำแหน่งแนวดิ่งของกล้องกับจุดหมายอีกครั้งด้วยกล้องมองดิ่ง ถ้าห่างจากจุดหมายให้ทำซ้ำในขั้นตอน 5) และปรับระดับกล้องขั้นละเอียดอีกครั้งเหมือนขั้นตอน 6)

4.7. **การส่องกล้องธีโอโดไลท์**

เมื่อมองผ่านกล้องโทรทรรศน์ (Telescope) จะเห็นเส้นใยเล็ง การส่องกล้องธีโอโดไลท์ คือการทำให้จุดตัดเส้นใยเล็งหรือแนวเล็งตรงจุดเป้าหมาย การส่องกล้องในขณะที่จานองศาดิ่งอยู่ด้านซ้ายของกล้องโทรทรรศน์เรียกว่า กล้องหน้าซ้าย (face left) ถ้าขณะที่ส่องกล้องจานองศาดิ่งอยู่ด้านขวาของกล้องโทรทรรศน์จะเรียกว่า กล้องหน้าขวา (face right)

4.7.1. การส่องกล้องให้ตรงเป้าหมาย มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

1) ปรับโฟกัสของเลนส์ใกล้ตา ก่อนการเล็งเป้าหมายให้ปรับโฟกัสของเลนส์ใกล้ตา เพื่อให้เส้นใยเล็งเข้มชัดเจนไม่มีภาพเหลื่อม การปรับโฟกัสนี้จะปรับเพียงครั้งเดียวสำหรับผู้วัดคนหนึ่ง

2) เล็งเป้าหมายโดยคลายควงยึดราบและควงยึดดิ่ง ส่ายกล้องโทรทรรศน์เล็งไปยังทิศทางของจุดโดยใช้ศูนย์หน้าและศูนย์หลังที่ติดอยู่เหนือกระบอกกล้องโทรทรรศน์ เมื่อตรงเป้าแล้วให้ขันควงยึดราบและควงยึดดิ่งให้แน่น

3) ปรับโฟกัสของเลนส์ เพื่อให้เห็นภาพจุดเป้าหมายชัดเจน ซึ่งจะขึ้นกับระยะห่างของเป้า ถ้าการเล็งด้วยศูนย์หน้าและศูนย์หลังดี จุดตัดเส้นใยเล็งจะห่างจากเป้าหมายไม่มาก

4) หมุนควงสัมผัสราบและควงสัมผัสดิ่งให้จุดตัดเส้นใยเล็งตรงจุดเป้าหมาย

หมายเหตุ การเล็งจุดเป้าหมายโดยใช้ประโยชน์จากศูนย์หน้าและศูนย์หลังให้เล็งผ่านศูนย์หน้าและศูนย์หลังให้ตรงเป้าหมายเช่นเดียวกับการเล็งปืน จะทำให้หาจุดเป้าหมายได้รวดเร็ว การเล็งโดยมองเข้าไปในกล้องโทรทรรศน์แล้วส่ายหาจุดเป้าหมาย เป็นวิธีการที่ผิด จะหาจุดเป้าหมายได้ช้า เนื่องจากโฟกัสของเลนส์จะไม่สอดรับกับระยะห่างของเป้าซึ่งเปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนจุดเป้าหมายและมุมมองเมื่อมองผ่านกล้องโทรทรรศน์จะจำกัด ทำให้มองหาเป้าไม่พบ

4.7.2. การเลือกจุดเล็งและเป้า การวัดมุมเพื่อให้ได้ค่าการวัดที่ดี นอกจากการส่องเป้าหมายอย่างประณีตแล้ว การเลือกจุดเล็งและชนิดเป้าหมายก็มีส่วนทำให้ค่าการวัดดีหรือไม่ การเลือกจุดเล็งและเป้าหมายควรคำนึงถึงหลักต่อไปนี้

1) จุดเป้าหมายที่อยู่ไกลจะให้ค่าการวัดมุมที่ดีกว่าจุดเป้าหมายที่อยู่ใกล้

2) ควรส่องตรงไปที่หมุดรังวัดที่อยู่บนพื้นโดยตรงถ้าทำได้ แต่ถ้าส่องหมุดโดยตรงไม่ได้ เพราะมีวัตถุอื่นบัง อาจใช้หลักเล็งหรือเข็มคะแนนปักหลังหมุดรังวัดนั้น หรืออาจใช้เป้าสามเหลี่ยมหรือลูกดิ่งติดตั้งบนสามขาและตั้งเหนือหมุดนั้นก็ได้

3) การใช้เป้าชนิดใด ควรเลือกเป้าที่เล็กพอเหมาะกับระยะทาง ถ้าเล็กหรือใหญ่เกินไปทำให้เล็งจุดกลางเป้าได้ยาก เช่น

o การใช้หลักเล็งขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 เซนติเมตร ระยะที่พอเหมาะคือ 150-300 เมตร และควรเล็งส่วนล่างสุดที่เห็นได้เพื่อแก้ปัญหาการปักหลักเล็งเอียง

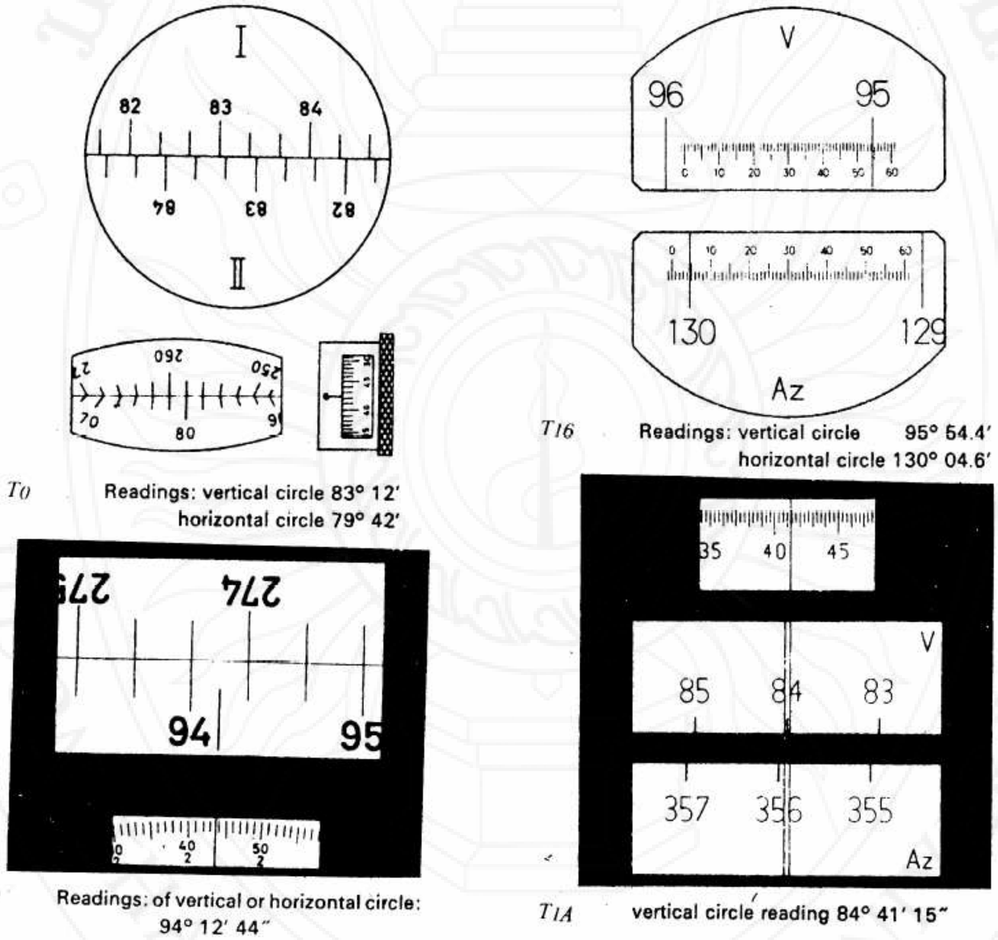
o การใช้สายดิ่งจะเกิดปัญหาในการเล็งเมื่อระยะทางไกลออกไป ถ้าระยะทางมากกว่า 150 เมตร ควรเสียบกระดาษหรือเป้าที่มีสีซึ่งเห็นได้เด่นชัดไว้ที่สายดิ่ง จะทำให้มองเห็นได้ในระยะไกลและควรเล็งส่วนบนสุดที่เห็นได้เพื่อแก้ปัญหาการแกว่งของสายดิ่ง

4.8. การวัดหามุมราบ

การใช้กล้องธีโอโดไลท์ส่องวัดแนวหรือเส้นตรงใดๆ ค่าที่ได้จากกล้องจะเป็นค่าทิศทางที่อ้างอิงกับแนวศูนย์องศาของกล้องในขณะนั้น และผลต่างค่าทิศทางของเส้นตรง 2 เส้นจะเป็นมุมราบ

ระหว่างเส้นตรงสองเส้น ฉะนั้นการวัดมุมราบที่จุดใดๆจะเริ่มด้วยการตั้งกล้องธีโอโดไลท์ให้ตรงจุดนั้นตามขั้นตอนปฏิบัติในหัวข้อ 7 แล้วส่องเป้าหมายตามขั้นตอนปฏิบัติในหัวข้อ 8 แล้วอ่านค่าทิศทางของแนวจากจุดตั้งกล้องถึงจุดเป้าหมายต่างๆ ขั้นสุดท้ายเป็นการคำนวณหาค่ามุมราบจากค่าทิศทางของแนวต่างๆที่วัดได้

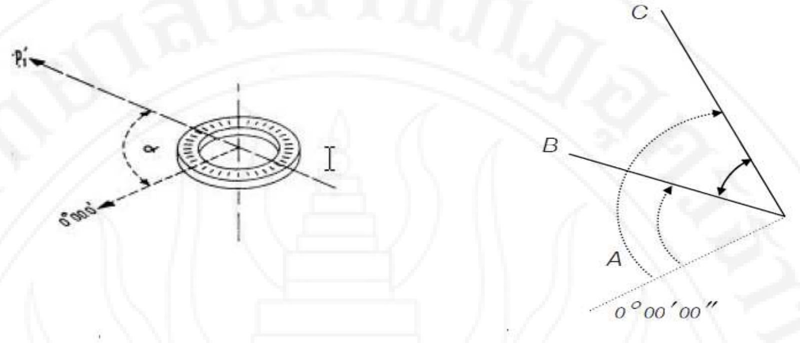
การอ่านค่ามุมมักต้องหมุนไมโครมิเตอร์ก่อนอ่านค่ามุม วิธีการอ่านค่ามุมจะแตกต่างกันไปตามชนิดของกล้องที่ใช้ กล้องบ้างรุ่นอาจไม่ต้องหมุนไมโครมิเตอร์สามารถอ่านค่ามุมได้ทันทีเมื่อส่องตรงเป้า เช่น กล้องWILD T16 ซึ่งเป็นกล้องแบบอ่านโดยตรง (Direct reading) รูปที่ 3.13 เป็นตัวอย่างการอ่านค่ามุมของกล้อง WILD รุ่นต่างๆ



ภาพที่ 4.17 ตัวอย่างการอ่านค่ามุมของกล้อง WILD รุ่นต่างๆ

การอ่านค่ามุมถึงแม้จะแตกต่างกันตามชนิดของกล้อง อย่างไรก็ตามกล้องส่วนใหญ่จะทำงานเหมือนกันโดยเป็นระบบมุมแบบตามเข็มนาฬิกา คือค่ามุมราบจะเพิ่มขึ้นเมื่อหมุนกล้องในทิศทางตามเข็ม แต่กล้องแบบอิเล็กทรอนิกส์จะสามารถเลือกได้ทั้งระบบมุมตามเข็มและมุมทวนเข็ม ฉะนั้นมุม

ราบระหว่างเส้นตรง 2 เส้น ได้จากผลต่างของทิศทางของเส้น 2 เส้นนั้น เช่น มุมราบจากเส้น AB ไปยัง AC ในทิศทางตามเข็มจะเท่ากับ ค่าอ่านมุมราบหรือทิศทาง AC-AB



ภาพที่ 4.18 มุมราบระหว่างเส้นตรง 2 เส้น

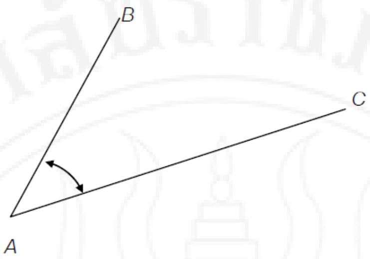
การวัดมุมราบอาจพิจารณาจำแนกตามวิธีการทำงานเป็น 3 วิธี ดังนี้

1) การวัดมุมด้วยกล้องหน้าเดียว (Single sighting) ดังตัวอย่างที่ 3.1 เป็นการวัดโดยอ่านค่าทิศทางจากกล้องหน้าซ้ายหรือกล้องหน้าขวาเพียงหน้าเดียว โดยอาจตั้งค่าทิศทางแนวเริ่มวัดให้เป็นศูนย์หรือค่าใดๆเพื่อความสะดวกในการคำนวณ หรืออาจไม่ตั้งค่าเริ่มวัด โดยจานองศาราบอยู่อย่างไรก็ได้ การวัดมุมด้วยกล้องหน้าเดียวเหมาะสำหรับการวัดทั่วไปที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูง

2) การวัดมุมด้วยกล้องสองหน้า (Double sighting) ดังตัวอย่างที่ 3.2 เป็นการวัดโดยอ่านค่าทิศทางจากกล้องหน้าซ้าย(Face left) และกล้องหน้าขวา(Face right) การคำนวณหามุมราบทำได้ 2 วิธี คือ เฉลี่ยค่าทิศทางที่วัดได้แล้วหามุมราบ หรือหามุมราบของกล้องหน้าซ้ายและกล้องหน้าขวาแล้วเฉลี่ยมุมราบที่ได้ภายหลัง การวัดมุมราบด้วยกล้องสองหน้าเหมาะสำหรับการวัดที่ต้องการความถูกต้องสูง เพราะสามารถกำจัดความคลาดเคลื่อนมีระบบออกไปได้

3) การวัดมุมแบบวัดทบ (Repetition method) ดังตัวอย่างที่ 3.3 เป็นการวัดมุมที่ต้องการวัดซ้ำๆกันหลายครั้งโดยให้ค่ามุมบวกสะสมเพิ่มขึ้นทุกครั้ง เสมือนการวัดมุมขนาดใหญ่เป็นจำนวนเท่าตามจำนวนรอบที่วัดทบ วิธีการวัดเริ่มโดยตั้งค่าอ่านมุมราบเท่ากับศูนย์ขณะส่องเป้าหมายแรก หมุนกล้องไปยังเป้าหมายที่สอง ยึดแน่นจานองศาราบ (ค่าอ่านมุมราบจะไม่เปลี่ยนเมื่อหมุนกล้องรอบแกนดิ่ง ขณะนี้ค่ามุมจะเท่ากับการวัดมุม 1 ครั้ง) หมุนกล้องกลับไปยังเป้าหมายแรก เมื่อเล็งตรงเป้าหมายปลดที่ยึดจานองศาราบ แล้วหมุนกล้องส่องไปยังเป้าหมายที่สอง ค่ามุมราบจะเพิ่มเป็นสองเท่า ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบจำนวนรอบที่ต้องการ ค่ามุมที่ต้องการ จะมีขนาดเท่ากับขนาดมุมที่อ่านได้หารจำนวนรอบ การวัดมุมแบบนี้เป็นวิธีการวัดมุมเพื่อให้ได้ค่ามุมที่มีความละเอียดมากกว่าค่าอ่านที่ละเอียดที่สุดของกล้องวัดมุม และกล้องที่ใช้วัดมุมแบบวัดทบ จะต้องได้รับการออกแบบให้มีส่วนสำหรับยึดแน่นและคลายจานองศาราบได้สะดวก เช่น กล้อง WILDT16

ตัวอย่างที่ 3.1 การวัดหาค่ามุมราบ BAC ด้วยกล้องหน้าเดียวจำนวน 3 ครั้ง



Set	Sta	To	Face	Hor.Rdg	Hor.Ang	Mean Ang
1	A	B	L	*0 00 00*	*45 10 06*	*45 10 07*
		C	L	*45 10 06*		
2	A	B	L	*109 49 55*	*45 10 09*	
		C	L	*155 00 04*		
2	A	B	L	*325 10 12*	*45 10 06*	
		C	L	*10 20 18*		

ข้อสังเกต

ก) ค่าอ่านมุมราบทั้ง 3 ครั้งต่างออกไปแสดงว่า การวัดทุกครั้งได้มีการหมุนเปลี่ยนค่าจานองศาราบ

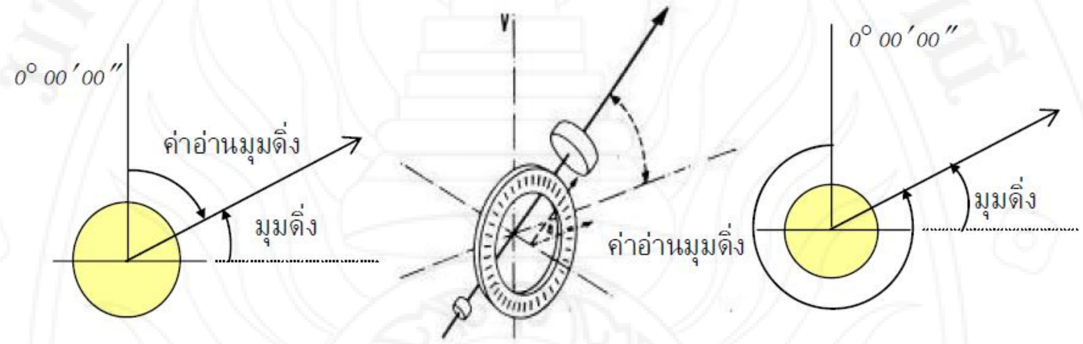
ข) การวัดครั้งแรกค่าอ่านทิศทาง AB เท่ากับ 0 ค่าทิศทาง AC จะเป็นค่ามุมราบ BAC ทันทีไม่ต้องคำนวณ แต่การตั้งค่าอ่านทิศทางเริ่มต้นเป็น 0° จะทำได้สะดวกในกล้องบางรุ่นเท่านั้น เช่น กล้อง WILDT 1A ซึ่งมีควงยึดจานองศาบนและควงยึดจานองศาล่าง คือเมื่อคลายควงยึดบนและล็อกควงยึดล่างค่าอ่านทิศทางจะเปลี่ยนเมื่อหมุนกล้อง แต่ถ้าล็อกควงยึดบนและคลายควงยึดล่างค่าอ่านทิศทางจะไม่เปลี่ยนเมื่อหมุนกล้อง และถ้าคลายควงยึดทั้งสองตัวจะสามารถหมุนจานองศาเปลี่ยนค่าอ่านได้ โดยไม่ต้องหมุนกล้อง

ค) การวัดครั้งที่ 2 ค่ามุมราบ BAC ได้จากการลบค่าทิศทาง AC ด้วย AB เป็นการหาค่ามุมราบแบบวัดทิศทาง *(Direction Method)* เป็นวิธีที่ใช้ได้ทั่วไปกับกล้องทุกรุ่น

ง) การวัดครั้งที่ 3 ค่าทิศทาง AC อ่านได้น้อยกว่า AB เนื่องจากแนว 0° ของกล้องอยู่ระหว่าง AB และ AC ดังนั้นมุมราบ BAC ได้จากการลบค่าทิศทาง AC ด้วย AB แล้วบวกด้วย *360°*

4.9. การหามุมดิ่ง

มุมดิ่ง คือ มุมที่วัดบนระนาบดิ่งระหว่างเส้นตรงเส้นหนึ่งกับระนาบราบ มีค่าบวกเมื่อเส้นตรงนั้นชี้ขึ้น เรียกว่า มุมเงย (Elevation angle) และมีค่าลบเมื่อเส้นตรงนั้นชี้ลง เรียกว่า มุมก้ม (Depression angle) การวัดมุมดิ่งด้วยกล้องธีโอโดไลท์ ค่าที่อ่านได้จะเป็นค่าที่วัดจากแกนดิ่งจุดเหนือศีรษะ (Zenith) ซึ่งมีค่าอ่านมุมดิ่งเป็นศูนย์ แต่ในกล้องอิเล็กทรอนิกส์จะสามารถเลือกได้ว่าศูนย์องศาให้ชี้ไปไปยังแนวดิ่งหรือแนวราบ มุมที่อ่านได้จะเป็นมุมในทิศทางตามเข็มเมื่อมองให้จานองศาดิ่งอยู่หลังกล้องโทรทรรศน์



ภาพที่ 4.19 ค่าอ่านมุมดิ่งใน (ก) กล้องหน้าซ้าย*(Face left)* **(ข) กล้องหน้าขวา***(Face right)*

มุมดิ่ง = 90°- ค่าอ่านมุมดิ่ง (เมื่อส่องด้วยกล้องหน้าซ้าย)

= ค่าอ่านมุมดิ่ง – 270 (เมื่อส่องด้วยกล้องหน้าขวา)

กล้องธีโอโดไลท์ทั่วไปจะมีหลอดระดับของจานองศาดิ่ง ก่อนอ่านค่ามุมดิ่งจะต้องปรับให้ลูกน้ำอยู่กลางทุกครั้ง ยกเว้นกล้องรุ่นที่มีอุปกรณ์ปรับอัตโนมัติ เช่น WILD T1A

กล้องที่อยู่ในสภาพดีพร้อมเมื่อปรับให้ลูกน้ำของหลอดระดับและลูกน้ำจานองศาดิ่งอยู่กลางแล้ว ถ้าตั้งให้แนวเล็งอยู่ในแนวราบ ค่าจานองศาดิ่งของกล้องหน้าซ้ายจะต้องเป็น 90° หรือ 0° แต่ถ้าไม่เป็น 90°หรือ 0° นั่นคือมีค่าอ่านมุมเริ่มต้น (Initial Reading) เกิดขึ้น อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้ ค่ามุมเริ่มต้นนี้เรียกว่า Index error

4.10 ความคลาดเคลื่อนของการวัดมุม

ความคลาดเคลื่อนในงานวัดมุมมีสาเหตุเกิดจาก 3 แหล่ง คือ บุคคล เครื่องมือ และธรรมชาติ แต่ค่ามุมที่แท้จริงเรามักจะไม่สามารถหาได้ ดังนั้นความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงจึงหาไม่ได้ด้วย อย่างไรก็ตามการวัดที่ดีได้จากการปฏิบัติงานในสนามตามวิธีการที่ถูกต้อง การใช้เครื่องมืออย่างระมัดระวังในเรื่องวิธีการวัด และมีการวัดสอบทานหรือวัดจำนวนหลายชุด

4.10.1. สาเหตุของความคลาดเคลื่อน

1) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากบุคคล คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้ปฏิบัติงานเอง เป็นความคลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุด เช่น การตั้งกล้องไม่ตรงหมุดหรือตั้งกล้องไม่ดีพอ กล้องไม่ได้ระดับขณะวัด ความคลาดเคลื่อนในการส่องเป้าเนื่องจากการปรับโฟกัสของเส้นใยเล็งและโฟกัสภาพไม่ดี ทำให้เกิดภาพเหลื่อม *(Parallax)* ทำให้เล็งไม่ตรงเป้า ความคลาดเคลื่อนในการหมุนและอ่านไมโครมิเตอร์ เป็นต้น นอกจากนี้การปฏิบัติงานในสนามโดยไม่มีระบบแบบแผนมักทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่เป็นค่าผิดพลาด เช่น การตั้งหรือส่องผิดจุด ผู้วัดบอกค่ามุมผิด หรือ ผู้บันทึกจดค่ามุมองศาผิด

2) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากตัวกล้อง อาจมีผลจากการผลิตที่ไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์หรือ เมื่อผ่านการใช้งานเป็นเวลานาน ทำให้กล้องอาจไม่อยู่ในสภาพที่ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบและปรับแก้กล้องทุกช่วงเวลาที่เหมาะสมโดยผู้มีความชำนาญ การใช้กล้องอย่างถูกวิธีและระมัดระวังจะช่วยให้อายุการทำงานของกล้องนานขึ้น และมีสภาพไว้ใจได้ตลอดการใช้งาน ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากตัวกล้อง เช่น

o ความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก แกนดิ่งไม่อยู่ในแนวดิ่งจริง แกนราบไม่ตั้งฉากกับแกนดิ่ง เส้นเล็งไม่ตั้งฉากกับแกนราบ เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับค่ามุมราบ และจะมีขนาดเล็กเมื่อแนวเล็งอยู่ใกล้แนวราบ แต่จะมีขนาดใหญ่เมื่อแนวเล็งเอียงมากๆ ฉะนั้นสามารถลดขนาดความคลาดเคลื่อนได้ โดยการเลือกเป้าที่มีมุมดิ่งใกล้เคียงกัน

o ความคลาดเคลื่อนจากการแบ่งขีดจานองศา *(Graduation Error)* สามารถลดโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนได้โดยการตั้งค่าอ่านมุมเริ่มต้นให้กระจายไปตามภาคทิศต่างๆ

o ความคลาดเคลื่อนจากแกนดิ่งไม่ตรงกับศูนย์กลางจานองศาราบ *(Eccentric Error)* สามารถลดขนาดความคลาดเคลื่อนได้ โดยการหมุนกล้องรอบแกนดิ่งในทิศทางเดียวตลอดขณะส่องหรือเล็งเป้าหมาย หากเลยเป้าหมายจะต้องหมุนต่ออีก 1 รอบ และหมุนตรงข้ามเมื่อเปลี่ยนหน้ากล้อง เช่น หมุนตามเข็มเมื่อวัดด้วยหน้าซ้ายและทวนเข็มในหน้าขวา

3) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น

o สภาพพื้นที่บริเวณที่ทำงาน เช่น พื้นดินที่อ่อนถ้ากล้องมีน้ำหนักมาก จะเกิดการทรุดตัวได้ หรือการตั้งกล้องใกล้ถนนที่มีรถหนักวิ่งผ่านจะทำให้ระดับกล้องเสีย จึงต้องวัดให้เสร็จโดยเร็ว

o ลมแรงอาจทำให้กล้องสั่น การเลือกใช้กล้องและสามขาที่มีน้ำหนักมากจะช่วยลดปัญหาได้ หรืออาจต้องมีการสร้างที่บังลม หรืองดทำงานในวันที่ลมแรงเกินไป

o อุณหภูมิทำให้ชิ้นส่วนต่างๆของกล้องเกิดการยืดหดตัวไม่เท่ากัน

o การที่แนวเล็งผ่านไปในบรรยากาศที่แตกต่างกันจะทำให้แนวเล็งเกิดการหักเหเป็นแนวโค้ง ดังนั้นจึงควรเลือกแนวเล็งที่สูงจากพื้นพอสมควร และหลีกเลี่ยงแนวเล็งที่ผ่านใกล้อาคารปล่องไฟ หรืออาจเลือกเวลาทำงานเฉพาะต้อนเช้าและเย็นซึ่งแดดไม่จัด การหักเหจะเกิดขึ้นน้อยและสม่ำเสมอเมื่อสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน

4.10.2. ความละเอียดของการวัดมุม

ความละเอียดของการวัดมุมมีความสำคัญต่องานรังวัด เพราะมีผลต่อความละเอียดของงานทั้งโครงการ ความละเอียดของการวัดมุมขึ้นอยู่กับการเลือก ชนิดกล้องวัดมุม ขนาดและชนิดของเป้าเล็งให้เหมาะสม ในขณะเดียวกันเลือกวิธีการวัดให้ถูกหลักเกณฑ์ มีจำนวนครั้งหรือจำนวนชุดที่วัดเหมาะสมกับความต้องการ ไม่วัดมากหรือน้อยเกินไป ฉะนั้นก่อนการทำงานจึงต้องมีการวางแผน ได้แก่

1) หาขนาดความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ขนาดความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่ยอมรับได้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดความถูกต้องของงานรังวัด ค่าผิดพลาดของงานวัดมุมในหน่วยเรเดียนจะเท่ากับความถูกต้องของการวัดมุม และจะต้องสอดคล้องกับความถูกต้องในการวัดระยะ เช่น ในงานรังวัดชั้นสาม ต้องการความถูกต้อง 1:5,000 ซึ่งเป็นความถูกต้องของการวัดระยะและการวัดมุม ค่าผิดพลาดของงานวัดมุมจะต้องไม่เกิน 1/5,000 เรเดียน ซึ่งเท่ากับ 41″ หรือปัดเศษเป็น *30″*

2) คาดคะเนขนาดของความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นได้ เช่น การตั้งกล้องไม่ตรงจุด แนวเล็งไม่ตั้งฉากกับแกนราบ การแบ่งขีดบนจานองศาไม่เท่ากัน การเล็งเป้าไม่ตรงจุด การอ่านค่ามุมบนเวอร์เนียหรือไมโครมิเตอร์คลาดเคลื่อนไป เป็นต้น

3) พิจารณาเลือกเครื่องมือที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากความสามารถของกล้องในการอ่านค่ามุมที่เล็กหรือละเอียดที่สุด *(Least count)* เช่น กล้องที่วัดได้ละเอียด 20″ ในการวัดครั้งหนึ่งจะมีความคลาดเคลื่อนสุ่มสูงสุดเท่ากับ 10″ และมีความคลาดเคลื่อนสุ่มเป็นไปได้เท่ากับ 05″

การเลือกเครื่องมืออาจไม่มีทางเลือกมากนัก เพราะถูกจำกัดโดยต้องใช้เครื่องมือที่มีอยู่แล้ว ทำให้ต้องเลือกวิธีการวัดมุมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของงาน เช่น การวัดทิศทางเพื่อให้ได้ความละเอียดที่เพียงพอ ต้องหาว่าจะต้องทำการวัดกี่ครั้งหรือกี่ชุด หรือเลือกวิธีการวัดมุมแบบวัดทบ เป็นต้น

4.11 สรุปประจำบท

ในงานวิศวกรรมสำรวจนั้น นักสำรวจจะใช้มุมราบในการอ้างอิงตำแหน่งจุดบนระนาบราบ และใช้มุมดิ่งในการอ้างอิงตำแหน่งจุดบนระนาบดิ่ง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงวิธีการในการวัดมุมดังกล่าว รวมถึงการบอกทิศทางของเส้นซึ่งสามารถบอกได้ 2 ระบบ คือระบบแอซิมัธและระบบแบริ่ง นอกจากนี้ ควรให้ความสำคัญกับเครื่องมือที่ใช้วัดทิศทางของแนวเส้น เช่น เข็มทิศ และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมุมที่มีความถูกต้อง เช่น กล้องวัดมุม ถือเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่นักสำรวจต้องทำการศึกษาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานวิศวกรรมสำรวจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงเปลี่ยนทิศทางของมุมในระบบแบริ่งเป็นระบบแอซิมัธ

(1) N 10°00′ E (2) S 30°14′ E

(3) S 02°10′ W (4) N 18°20′ W

2. จงเปลี่ยนทิศทางของมุมในระบบแอซิมัธเป็นระบบแบริง

(1) 120°02′36″ (2) 211°12′22″

(3) 279°25′17″ (2) 35°48′57″

3. จงอธิบายโครงสร้างของกล้องวัดมุม อย่างละเอียด

4. จงอธิบายวิธีการวางแนวเส้นตรงและการต่อแนวผ่านสิ่งกีดขวางโดยใช้กล้องวัดมุม

5. ผู้สำรวจทำการรังวัดทิศทางแนว CD โดยใช้เข็มทิศอ่านค่าได้เท่ากับ N 10°20′30″ W โดยสถานที่ที่สำรวจมีค่ามุมเบี่ยงเบนแม่เหล็กเท่ากับ N 01°22′32 E จงคำนวณหามุมแบริงและแอซิมัทที่ถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด (ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอคทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S K Duggal . 2008 . **Surveying** (volume 1) . 2 nd . Tata McGraw – Hill , New delhi

www.accuratusindia.com

www.ecvv.com

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5

การวัดมุม

หัวข้อเนื้อหา

การวัดมุม

5.1 การวัดมุมราบ

5.2 การวัดมุมดิ่ง

5.3 ทิศทางของเส้น

5.4 ระบบการบอกทิศ

5.5 ความสัมพันธ์ของทิศไปและกลับของเส้น

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศแบริงส์และแอซิมัท

5.7 หลักการการคำนวณทิศ

5.8 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 5

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความรู้และทักษะดังนี้

1. อธิบายวิธีการการรังวัดมุมราบและมุมดิ่งได้
2. เข้าใจหลักการในการวัดมุมราบและมุมดิ่ง
3. อธิบายทิศทางของเส้นในมุมดิ่งได้
4. อธิบายระบบบอกทิศของการวัดมุมราบ ทั้งระบบแบริ่งและระบบอะซิมัธ พร้อมทั้งสามารถเปลี่ยนระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่งได้
5. คำนวณระบบบอกทิศทางในแต่ละระบบได้อย่างถูกต้อง
6. อธิบายความสัมพันธ์ของทิศไปและทิศกลับของเส้นได้อย่างถูกต้อง
7. สามารถคำนวณทิศไปและทิศกลับของเส้นได้อย่างถูกต้อง
8. อธิบายความสัมพันธ์ของทิศแบริงส์และแอซิมัทได้
9. คำนวณมุมวงรอบจากระบบบอกทิศทั้งระบบแบริงและระบบอะซิมัทได้

วิธีสอนและกิจกรรม

1. ชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหา และเกณฑ์การให้คะแนนรายวิชา
2. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบเอกสารประกอบการสอนและรูปภาพ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในแต่ละหัวข้อและเสนอแนวความคิด ก่อนข้ามหัวข้อนั้น
4. ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียน สอบถามผู้เรียนถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัย และสรุปเนื้อหาประจำบท
5. มอบหมายให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน และกำหนดวันส่ง
6. ชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนในครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนไปศึกษาก่อนล่วงหน้า
7. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน
8. แบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตามใบงานที่ได้มอบหมาย และกาหนดวันส่งรายงาน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อเอกสารประกอบการสอนอิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. ใบงาน
7. อุปกรณ์การทดลองตามใบงาน ประกอบด้วย
    - 7.1 ใบงานเรื่อง การสำรวจด้วยกล้องเข็มทิศ
    - 7.2 กล้องวัดมุม ทีโอโดไลท์
    - 7.3 ขาตั้งกล้อง
    - 7.4 ค้อน,peg ไม้
    - 7.5 สมุดสนาม
8. แบบฝึกหัดท้ายบท
9. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล

1. ประเมินจากความตรงต่อเวลาของนักศึกษาในการส่งงานและเข้าเรียน
2. ประเมินจากการซักถาม-ตอบคำถาม
3. ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบท
4. ประเมินจากการปฏิบัติการในใบงาน
5. ประเมินจากรายงานของใบงาน
6. ประเมินจากผลการสอบย่อย

การประเมินผล

1. จากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จตามเวลา
2. ทำใบงานถูกต้องและครบสมบูรณ์
3. ทำแบบฝึกหัดมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5 การวัดมุม

(Angle Measurement)

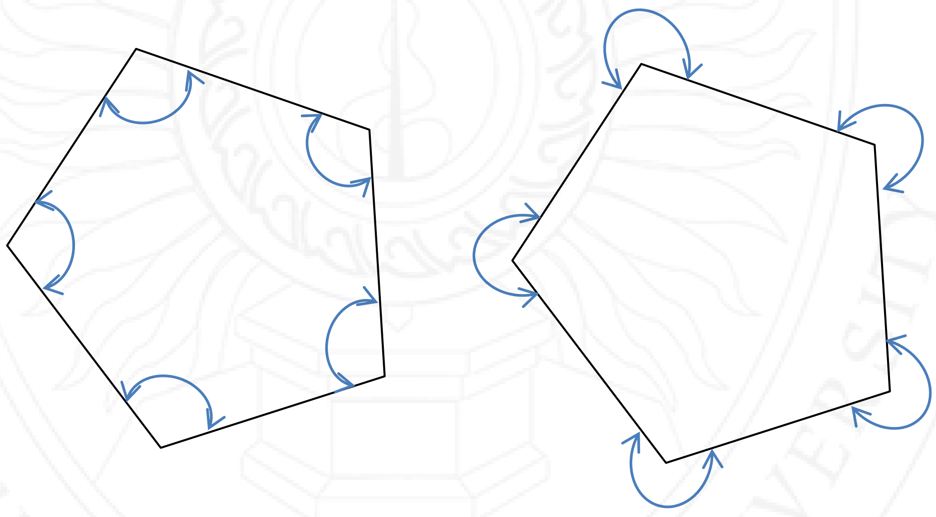
การวัดมุมในงานสำรวจจะมีการวัดมุมบนระนาบสองระนาบ คือ มุมบนระนาบราบ เรียกว่า มุมราบ (horizontal angle) และมุมบนระนาบดิ่ง เรียกว่า มุมดิ่ง (vertical angle) ซึ่งมุมราบจะถูกใช้ในการอ้างถึงตำแหน่งชุดบนระนาบราบ และมุมดิ่งใช้ในการอ้างถึงตำแหน่งชุดในแนวดิ่งว่า อยู่สูงกว่าหรือต่ำ กว่าเป็นมุมเท่าใด

5.1 การวัดมุมราบ

การวัดมุมราบในงานสำรวจโดยทั่วไป มี 3 ประเภท คือ

5.1.1 การวัดมุมภายใน หรือ มุมภายนอก (Interior or Exterior Angles)

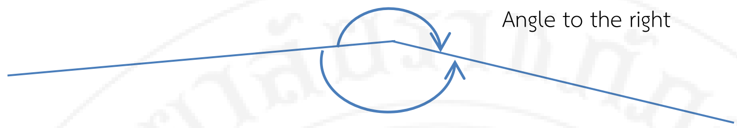
คือ การวัดมุมภายใน หรือ มุมภายนอกของรูปปิด (closed polygon) โดยจะทำการวัด ไปในทิศทางเดียวตลอด



ภาพที่ 5.1 การวัดมุมภายในและภายนอก

5.1.2 การวัดมุมเวียนขวา หรือ เวียนซ้าย (Angle to the right or to the left)

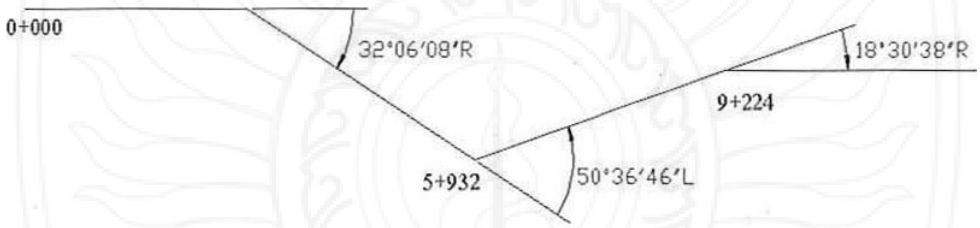
คือ การวัดมุมตามเข็มนาฬิกา หรือ ทวนเข็มนาฬิกา ตามลำดับ เมื่อเทียบกับทิศทางการกวาดมุมไปข้างหน้า



ภาพที่ 5.2 การวัดมุมเวียนขวาและมุมเวียนซ้าย

5.1.3 การวัดมุมเบี่ยงเบน (Deflection Angle)

คือ การวัดขนาดมุมของเส้นข้างหน้าที่เบนออกไปจากแนวเดิมหรือแขนของมุมอ้างอิง ที่ต่อไปข้างหน้า ดังรูป 5.3 หากเบี่ยงเบนไปทางขวา จะใช้สัญลักษณ์ R หรือ เครื่องหมาย + กำกับต่อท้าย ค่ามุม และเบี่ยงเบนไปทางซ้ายจะใช้สัญลักษณ์ L หรือ เครื่องหมาย – กำกับต่อท้ายค่ามุม เช่น 36°23'42"R เป็นต้น



ภาพที่ 5.3 การวัดมุมเบี่ยงเบน

5.2 การวัดมุมดิ่ง

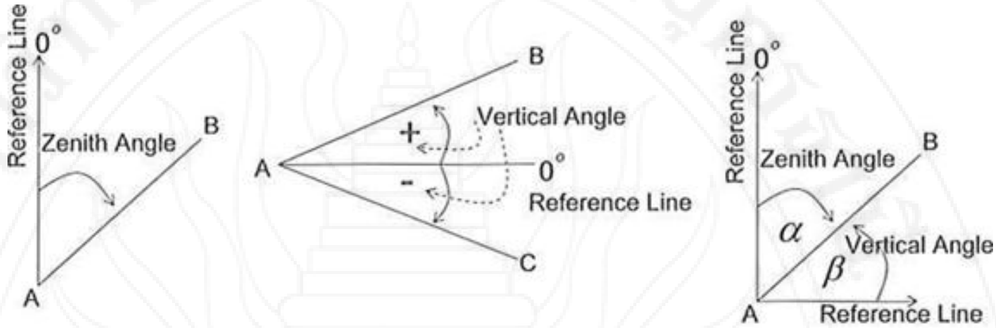
การวัดมุมดิ่งในงานสำรวจ เป็นการวัดมุมเทียบกับแนวเส้นอ้างอิงที่แน่นอน ซึ่งแตกต่างจากการวัดมุมราบจะวัดเทียบกับเส้นที่เป็นแขนของมุมนั้น ๆ การวัดมุมดิ่งแบ่งเป็น 2 ชนิดตามการใช้เส้นอ้างอิงในการวัด คือ

5.2.1 มุมดิ่งบน (Zenith Angle)

คือ ค่ามุมบนระนาบดิ่งที่วัดอ้างอิงกับเส้นดิ่งโดยให้ทิศ 0" อยู่เหนือศีรษะ เป็นการวัดมุมรอบจุด ดังนั้นมุม 90° จะอยู่ในแนวราบ และนับต่อเนื่องไปเป็น 180°, 270° และบรรจบเส้นอ้างอิงดังกล่าวที่ค่าการกวาดมุมเท่ากับ 360° หรือ 0°

5.2.2 มุมดิ่ง (Vertical Angle)

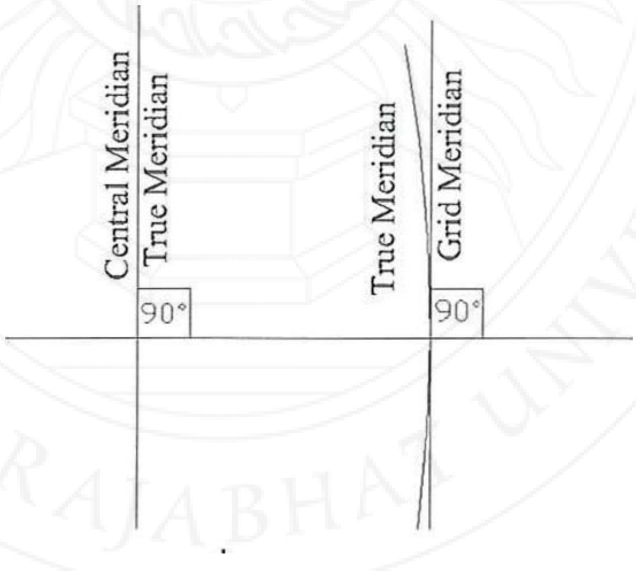
คือ ค่ามุมบนระนาบดิ่งที่วัดเทียบกับแนวราบเป็นทิศ 0" ถ้าค่ามุมกวาดขึ้นเหนือ แนวราบ ค่ามุมจะเป็นบวก เรียกว่า มุมเงย และในทางกลับกัน ถ้าค่ามุมกวาดลงต่ำกว่าแนวราบค่ามุม จะเป็นลบ เรียกว่า มุมก้ม



ภาพที่ 5.4 การวัดมุมในงานสำรวจ

5.3 ทิศของเส้น (Direction of Line)

การวัดมุมในงานสำรวจ คือการวัดทิศของเส้นที่ประกอบเป็นแขนของมุมนั้นแล้วจึงนำมาคำนวณค่ามุม โดยที่มีแนวเส้นอ้างอิง 0° อยู่ที่ใดก็ได้ แต่สำหรับการแสดงทิศของเส้นบนแผนที่ หรือทิศที่ใช้ในการนำหน้า (navigation) นั้น จะมีแนวเส้นอ้างอิงที่เป็นมาตรฐาน เรียกว่า เส้นเมริเดียน (meridian) ซึ่งคือ เส้นรอบวงกลมใหญ่ (great circle) ที่ลากผ่านแนวเหนือใต้ของโลก (รูปที่ 5.5) แบ่งใต้ 4 ชนิด คือ



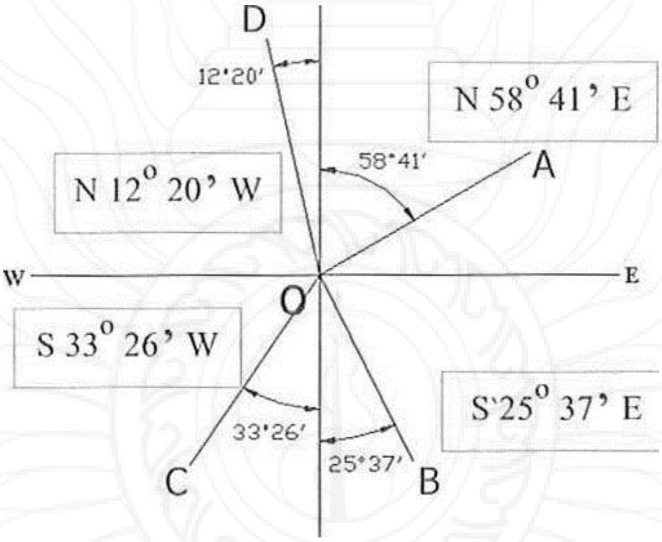
ภาพที่ 5.5 ทิศทางของเส้นในงานสำรวจ

5.4 ระบบการบอกทิศ

ระบบการบอกทิศของเส้นเทียบกับเมริเดียน สามารถบอกได้ 2 วิธี คือ

5.4.1 ระบบแบริงส์ (Bearings)

คือ การบอกทิศของเส้นจากชุดเริ่มต้นไปยังชุดปลายด้วยค่ามุมที่วัดเทียบกับเส้นเมริเดียนที่ผ่านชุดเริ่มต้นนั้นไปทางตะวันออกหรือตะวันตก เมื่อชุดปลายอยู่ทางทิศเหนือค่ามุมจะอ้างอิงกับทิศเหนือ ทำนองเดียวกันเมื่อชุดปลายอยู่ทางทิศใต้ค่ามุมจะอ้างอิงกับทิศใต้ โดยบอกทิศอ้างอิงเหนือหรือใต้ตามด้วยค่ามุมและทิศของชุดปลายในทางตะวันออกหรือตะวันตก



ภาพที่ 5.6 ทิศทางของระบบแบริงส์

Bearing OA = N 58°41′ E

Bearing OB = S 25°37′ E

Bearing OC = S 33°26′ W

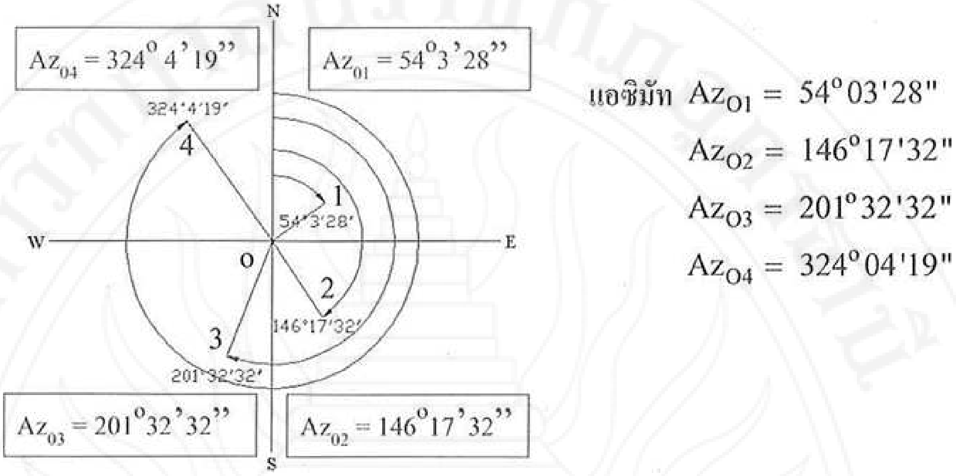
Bearing OD = N 12°20′ W

การบอกค่ามุมในระบบแบริงส์ ค่ามุมจะมีค่าไม่เกิน 90° และมีชื่อเรียกชนิดของทิศแบริงส์ตามชนิดของเส้นเมริเดียนที่ใช้อ้างอิงในบอกทิศ กล่าวคือ geodetic bearings, magnetic bearings, assumed bearings และ grid bearings

5.4.2 ระบบแอซิมัท (Azimuths)

คือ การบอกทิศของเส้นจากชุดเริ่มต้นไปยังชุดปลายของเส้นโดยอ้างอิงกับเส้นเมริเดียน ด้วยค่ามุนที่วัดตามเข็มนาฬิกา (clockwise) รอบจุดเริ่มต้น (whole circle) ปกติค่ามุมแอซิมัทจะวัดเทียบกับทิศเหนือของเส้นเมริเดียน (รูปที่ 5.7) เช่นเดียวกัน ชนิดแอซิมัทจะเรียกตามชนิดของเส้นเม

ริเดียนทีใช้ คือ geodetic azimuths, magnetic azimuths, assumed azimuths และ grid azimuths

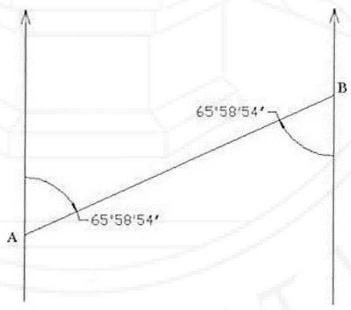


ภาพที่ 5.7 ทิศทางของระบบแอซิมัท

5.5 ความสัมพันธ์ทิศไปและกลับของเส้น

เมื่อกล่าวถึงทิศจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งของเส้น ไม่ว่าจะเป็น,ในระบบแบริงส์หรือแอซิมัทก็ตาม ทิศของเส้นหนึ่งสามารถบอกได้สองทิศทางสวนกัน ดังนั้น การเรียกทิศไปข้างหน้า จะเรียกว่า แบริงส์ไป (forward bearings) หรือ แอซิมัทไป (forward azimuths) และเรียกทิศทางย้อนกลับว่า แบริงส์ กลับ (backward bearings) หรือ (backward azimuths) ความสัมพันธ์ระหว่างทิศไปและกลับของเส้นในแต่ละระบบ มีดังนี้

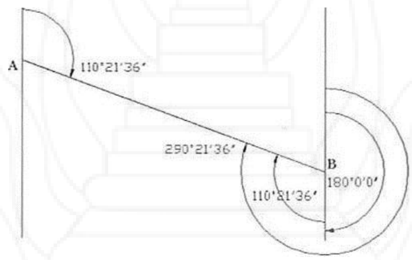
5.5.1ทิศไปและกลับระบบแบริงส์



ภาพที่ 5.8 ความสัมพันธ์ทิศแบริงส์ไปและกลับของเส้น

จะเห็นว่า ทิศแบริงส์ไป AB = N65°58'54"E และแบริงส์กลับ BA = S165°58'54 W มีความสัมพันธ์กัน คือ ค่ามุมแบริงส์เท่าเดิม แต่ทิศแบริงส์จะเปลี่ยนเป็นทิศตรงข้าม ระหว่างทิศเหนือกับทิศใต้ (N ‹ › S) และทิศตะวันออกกับทิศตะวันตก (E ‹ › W)

5.5.1ทิศไปและกลับระบบแอซิมัท



ภาพที่ 5.9 ความสัมพันธ์ทิศแอซิมัทไปและกลับของเส้น

จะเห็นว่า ทิศแอซิมัทไป AB = 110°21'36" และแอซิมัทกลับ BA = 290"21'36" มีความสัมพันธ์กัน คือ ทิศ AB และ BA จะมีค่าแอซิมัทต่างกันเท่ากับ 180°

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศแบริงส์และแอซิมัท

ความสัมพันธ์ของทิศแบริงส์และทิศแอซิมัทนั้นสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

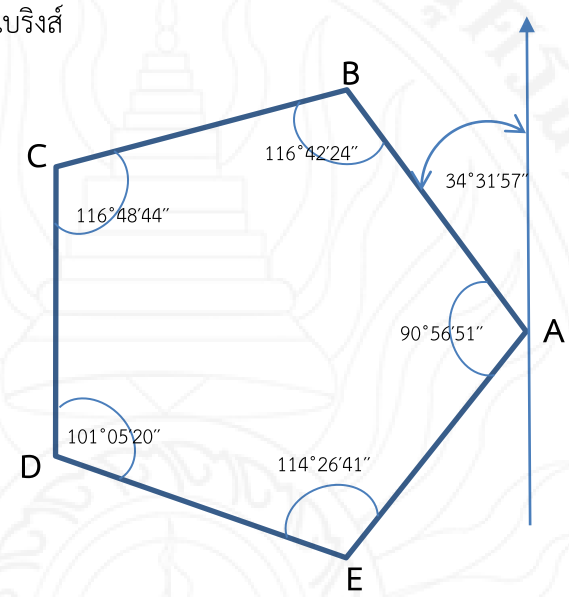
ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ของทิศแบริงส์และทิศแอซิมัท

ภาคทิศแบริงส์	ค่าแบริงส์	ความสัมพันธ์	ค่าแอซิมัท	ภาคทิศแอซิมัท
NE	N 49° E	=	49°	0° - 90°
SE	S 35° E	180° - 35°	145°	90° - 180°
SW	S 50° W	180° + 50°	230°	180° - 270°
NW	N 20° W	360° - 20°	340°	270° - 360°

5.7 หลักการการคำนวณทิศ

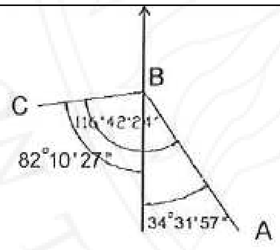
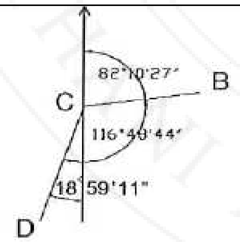
ดังได้กล่าวมาแล้วว่าการวัดในงานสำรวจเป็นการวัดค่ามุมและระยะของเส้นต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง การคำนวณค่าทิศจากเส้นเริ่มต้นที่ทราบค่าไปยังเส้นต่าง ๆ นั้นมีความสำคัญในงานสำรวจที่ใช้ในการกำหนดและคำนวณค่าพิกัดของจุดต่าง ๆ การคำนวณทิศสามารถทำได้ ดังนี้

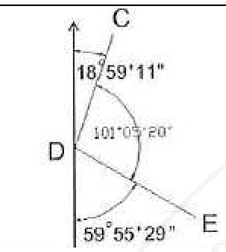
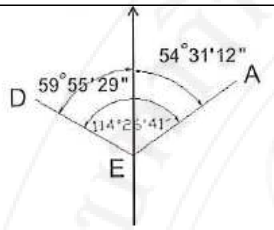
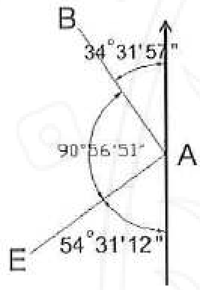
5.7.1 การคำนวณทิศแบริงส์



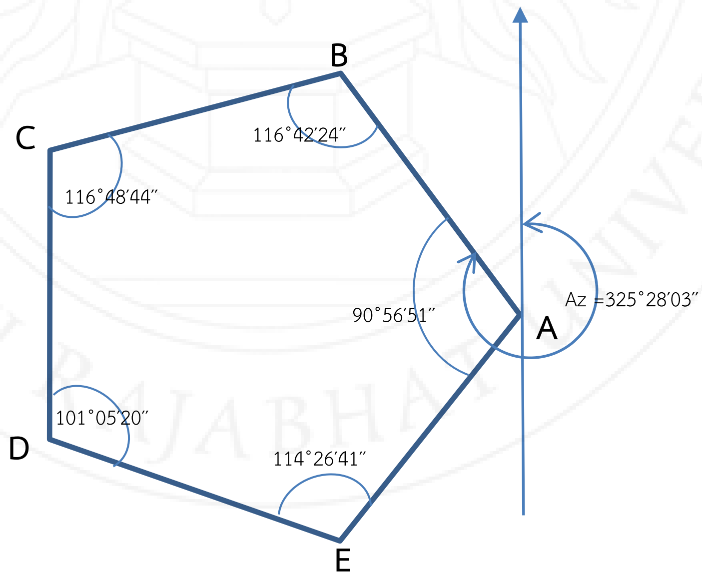
ภาพที่ 5.10 วงรอบปิด ABCDE

ตารางที่ 5.2 ขั้นตอนการคำนวณวงรอบโดยใช้มุมแบริงส์

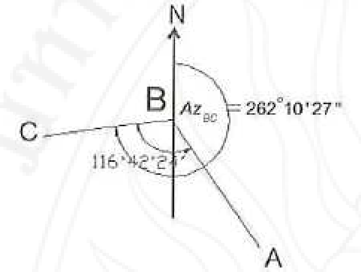
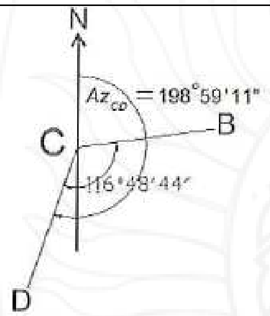
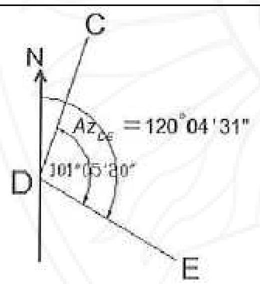
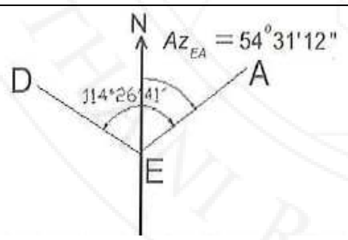
	Line BC : S 116°42′24″ W - S116°42′24″ W =S 82°10′27″W
	Line CD : S 82°10′27″ W - S116°42′24″ W -180°00′00″ =S 18°59′11″W

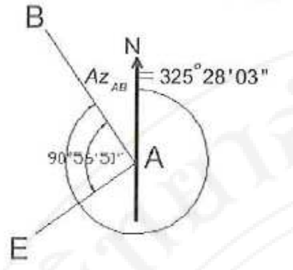
	Line DE : 180°00′00″- S 101°05′20″ E – S 18°59′11″ E =S 59°55′29″E
	Line EA : N 114°26′41″ E – N 59°55′29″ E =N 54°31′12″E
	Line AB : 180°00′00″ -N 90°56′51″ W – N 54°31′12″ W =N 34°31′57″W

5.7.2 การคำนวณทิศแอซิมัท

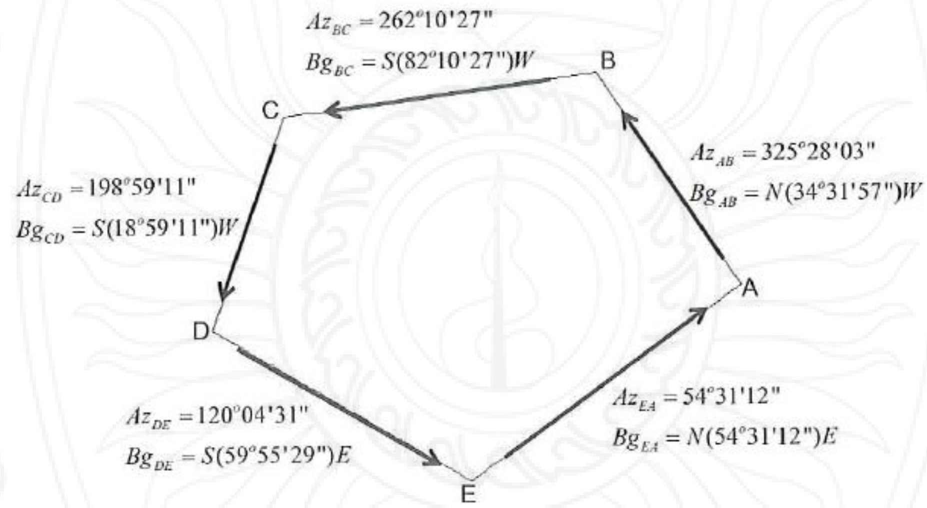


ตารางที่ 5.3 ขั้นตอนการคำนวณวงรอบโดยใช้มุมแอซิมัท

	Line BC : Az_{BA} =325°28′03″ - 180°00′00″ =145°28′03″ Az_{BC} = Az_{BA} +116°42′24″ = 145°28′03″ +116°42′24″ = 262°10′07″
	Line CD : Az_{CB} =262°10′27″ - 180°00′00″ =82°10′27″ Az_{CD} = Az_{CB} +116°48′44″ = 82°10′27″+116°48′44″ = 198°59′11″
	Line DE : Az_{DC} =198°59′11″- 180°00′00″ =18°59′11″ Az_{DE} = Az_{DC} +101°05′20″ = 18°59′11″+101°05′20″ = 120°04′31″
	Line EA : Az_{ED} =120°04′31″+ 180°00′00″ =300°04′31″ Az_{EA} = Az_{ED} +114°26′41″ = 300°04′31″+114°26′41″ = 414°31′12″-360°00′00″

	Line AB : $Az_{AE} = 54^\circ31'12'' + 180^\circ00'00''$ $= 234^\circ31'12''$ $Az_{AB} = Az_{AE} + 90^\circ56'51''$ $= 234^\circ31'12'' + 90^\circ56'51''$ $= 325^\circ28'03''$

ผลการคำนวณทิศแบริงส์และแอซิมัทของเส้น AB,BC,CD,DE และ EA แสดงดังรูป



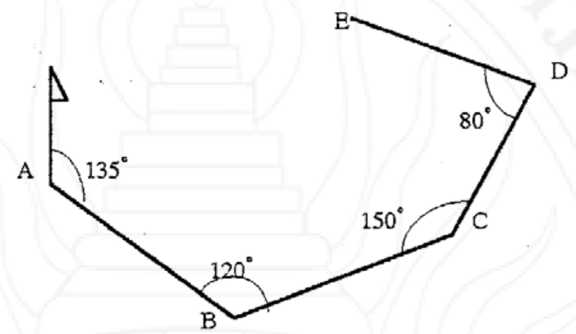
ภาพที่ 5.11 ผลการคำนวณทิศแบริงส์และแอซิมัทของรูปปิด ABCDE

5.8 สรุปประจำบท

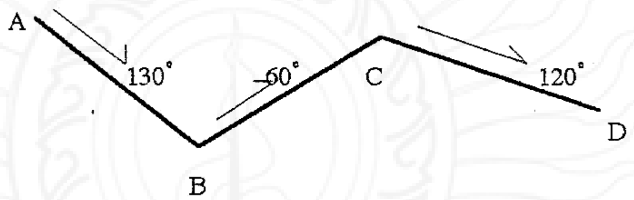
ในงานวิศวกรรมสำรวจนั้น นักสำรวจจะใช้มุมราบในการอ้างอิงตำแหน่งจุดบนระนาบราบ และใช้มุมดิ่งในการอ้างอิงตำแหน่งจุดบนระนาบดิ่ง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงวิธีการในการวัดมุมดังกล่าว รวมถึงการบอกทิศทางของเส้นซึ่งสามารถบอกได้ 2 ระบบ คือระบบแอซิมัทและระบบแบริ่งส์ นอกจากนี้ ควรให้ความสำคัญกับเครื่องมือที่ใช้วัดทิศทางของแนวเส้น เช่น เข็มทิศ และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมุมที่มีความถูกต้อง เช่น กล้องวัดมุม ถือเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่นักสำรวจต้องทำการศึกษาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานวิศวกรรมสำรวจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. ภาคของทิศและมุมทิศหมายถึงอะไร และมีความแตกต่างกันอย่างไร
2. ตามรูป จงคำนวณหาค่า ภาคของทิศ DE



3. จงคำนวณหาค่ามุม ABC และ BCD



เอกสารอ้างอิง

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด (ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอคทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S K Duggal . 2008 . **Surveying** (volume 1) . 2 nd . Tata McGraw – Hill , New delhi

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6

การวงรอบ

หัวข้อเนื้อหา

การวงรอบ

6.1 งานวงรอบ

6.2 การคำนวณปรับแก้งานวงรอบ

6.3. การคำนวณทางมุมของงานวงรอบ

6.4. ระบบพิกัดระนาบและการคำนวณค่าพิกัด

6.5. การคำนวณค่าความถูกต้อง

6.6. การคำนวณค่าพิกัดหมุดวงรอบ

6.7 สรุปประจำบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 6

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความรู้และทักษะดังนี้

1. อธิบายวิธีการการรังวัดมุมราบและมุมดิ่งได้
2. เข้าใจหลักการในการวัดมุมราบและมุมดิ่ง
3. อธิบายทิศทางของเส้นในมุมดิ่งได้
4. อธิบายระบบบอกทิศของการวัดมุมราบ ทั้งระบบแบริ่งและระบบอะซิมัธ พร้อมทั้งสามารถเปลี่ยนระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่งได้
5. คำนวณระบบบอกทิศทางในแต่ละระบบได้อย่างถูกต้อง
6. อธิบายความสัมพันธ์ของทิศไปและทิศกลับของเส้นได้อย่างถูกต้อง
7. สามารถคำนวณทิศไปและทิศกลับของเส้นได้อย่างถูกต้อง
8. อธิบายความสัมพันธ์ของทิศแบริงส์และแอซิมัทได้
9. คำนวณมุมวงรอบจากระบบบอกทิศทั้งระบบแบริงและระบบอะซิมัทได้

วิธีสอนและกิจกรรม

1. ชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหา และเกณฑ์การให้คะแนนรายวิชา
2. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบเอกสารประกอบการสอนและรูปภาพ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในแต่ละหัวข้อและเสนอแนวความคิด ก่อนข้ามหัวข้อนั้น
4. ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียน สอบถามผู้เรียนถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัย และสรุปเนื้อหาประจำบท
5. มอบหมายให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน และกำหนดวันส่ง
6. ชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนในครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนไปศึกษาก่อนล่วงหน้า
7. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน
8. แบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตามใบงานที่ได้มอบหมาย และกาหนดวันส่งรายงาน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อเอกสารประกอบการสอนอิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. ใบงาน
7. อุปกรณ์การทดลองตามใบงาน ประกอบด้วย
   - 7.1 ใบงานเรื่อง การทำวงรอบด้วยกล้องทีโอโดไลท์
   - 7.2 กล้องวัดมุม ทีโอโดไลท์
   - 7.3 ขาตั้งกล้อง
   - 7.4 ค้อน,peg ไม้
   - 7.5 สมุดสนาม
8. แบบฝึกหัดท้ายบท
9. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

RAJABHAT UNIVERSITY

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล

1. ประเมินจากความตรงต่อเวลาของนักศึกษาในการส่งงานและเข้าเรียน
2. ประเมินจากการซักถาม-ตอบคำถาม
3. ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบท
4. ประเมินจากการปฏิบัติการในใบงาน
5. ประเมินจากรายงานของใบงาน
6. ประเมินจากผลการสอบย่อย

การประเมินผล

1. จากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จตามเวลา
2. ทำใบงานถูกต้องและครบสมบูรณ์
3. ทำแบบฝึกหัดมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

บทที่ 6 การวงรอบ

(Traverse)

6.1. งานวงรอบ

วงรอบประกอบด้วยเส้นตรงหลายเส้นต่อเนื่องกัน ที่จุดปลายของเส้นตรงแต่ละเส้นมีหมุดกำกับ เรียกว่า หมุดวงรอบ การทำงานวงรอบจะเริ่มจากจุดจุดหนึ่งที่ทราบพิกัดฉาก และรังวัดต่อไปยังหมุดวงรอบที่อยู่ถัดไปทีละหมุดจนครบ ทำให้สามารถคำนวณค่าพิกัดราบของหมุดวงรอบทุกหมุดได้ หมุดวงรอบจึงถูกใช้เป็นหมุดควบคุมหรือหมุดบังคับทางราบ *(Horizontal control)* ใช้อ้างอิงพิกัดตำแหน่งทางราบของจุดอื่น หมุดวงรอบอาจเป็นหมุดถาวร เช่น หมุดทองเหลืองฝังอยู่ในแท่งคอนกรีต หรือเป็นหมุดชั่วคราวที่จัดทำขึ้นสำหรับงานเฉพาะอย่าง เช่น หมุดไม้

6.1.1. **จุดประสงค์การทำวงรอบ** การทำวงรอบมีจุดมุ่งหมายต่างกันไป ดังนี้

1) การทำหมุดอ้างอิงเพื่อการรังวัดออกเอกสารหรือตรวจสอบกรรมสิทธิ์ที่ดิน

2) การสร้างหมุดบังคับทางราบชั่วคราวในการรังวัดเพื่อทำแผนที่ภูมิประเทศ

3) การจัดทำหมุดควบคุมทางราบเพื่อการสำรวจออกแบบและการก่อสร้าง

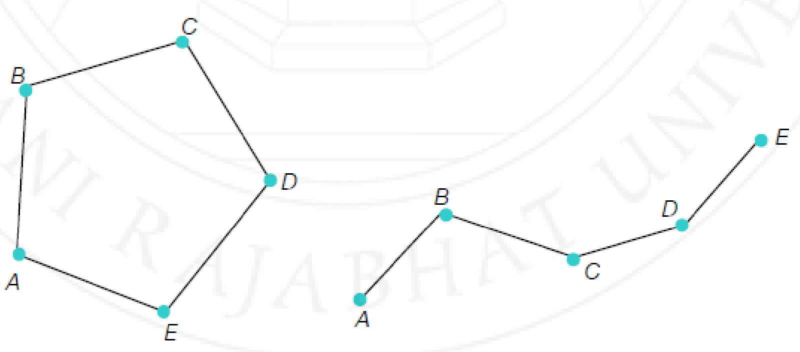
4) การสร้างจุดควบคุมบนพื้นดินเพื่อการขยายหมุดควบคุมในภาพถ่ายทางอากาศ

5) การจัดสร้างโครงข่ายหมุดอ้างอิงแห่งชาติหรือหมุดอ้างอิงสำหรับงานรังวัดชั้นสูง

6.1.2. **ชนิดของงานวงรอบ** งานวงรอบมี 2 ชนิดคือ

1) วงรอบปิด *(Closed Traverse)* เป็นวงรอบที่มีเส้นวงรอบต่อกันแล้วกลับมาบรรจบจุดเริ่มเป็นรูป หลายเหลี่ยม หรือมีหมุดเริ่มต้นและมีหมุดบรรจบเป็นหมุดเดียวกัน

2) วงรอบเปิด *(Open Traverse)* เป็นวงรอบที่มีเส้นวงรอบต่อกันแต่ไม่กลับมาบรรจบจุดเริ่ม หรือมี หมุดเริ่มต้นและมีหมุดบรรจบแยกกัน



ภาพที่ 6.1 วงรอบปิด และ วงรอบเปิด

6.1.3. **ลักษณะงานวงรอบ** งานวงรอบจะประกอบด้วยงาน 2 ลักษณะ คือ

1) งานสนาม ได้แก่ การวัดระยะทาง การวัดมุมราบระหว่างหมุดวงรอบ และการวัดแอซิมัธ

o การวัดระยะทาง เป็นการวัดระยะราบระหว่างหมุดวงรอบที่อยู่ถัดกัน วิธีการวัดระยะ ได้แก่ การใช้เทปเหล็กวัดระยะไปกลับ หรือใช้เครื่องวัดระยะอิเลกทรอนิกส์

o การวัดมุม เป็นการวัดที่หมุดวงรอบแต่ละหมุด การวัดมุมอาจใช้เข็มทิศ หรือกล้องธีโอโดไลท์ แต่ในปัจจุบันคงมีแต่การใช้กล้องธีโอโดไลท์วัดมุมวงรอบ

o การวัดแอซิมัธ เป็นการใช้เข็มทิศวัดแอซิมัธของเส้นวงรอบเส้นหนึ่ง แล้วคำนวณหาแอซิมัธของเส้นวงรอบที่เหลือ ส่วนการวัดแอซิมัธด้วยการรังวัดดาราศาสตร์จะมีในการทำงานวงรอบของงานรังวัดชั้นสูง และงานวงรอบเปิดที่เป็นแนวยาวมีระยะทางค่อนข้างไกล

2) งานสำนักงาน ได้แก่ การคำนวณหาทิศทางของเส้นวงรอบ การคำนวณปรับแก้วงรอบ การ คำนวณหาค่าพิกัดราบ และอาจมีการคำนวณหาพื้นที่ภายในวงรอบปิด

6.2. การคำนวณปรับแก้งานวงรอบ

งานวงรอบ เป็น การวัดเชิงเงื่อนไข การปรับแก้วงรอบเป็นการปรับให้รูปวงรอบเป็นไปตามเงื่อนไขที่บังคับ ได้แก่ เงื่อนไขทางมุม และเงื่อนไขทางด้าน วิธีการปรับแก้อาจปรับแก้มุมและด้านพร้อมกัน เช่น การปรับแก้โดยการเขียนรูป *(Graphic Method)* ซึ่งเหมาะสำหรับการทำวงรอบด้วยโต๊ะแผนที่ *(Plane Table)* ปัจจุบันการสำรวจด้วยโต๊ะแผนที่แทบไม่พบเห็นเลย หรือการปรับแก้โดย Least-square Method ซึ่งเป็นวิธีการปรับแก้ทางคณิตศาสตร์ชั้นสูง จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์และชุดคำสั่งที่เขียนมาโดยเฉพาะ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตำแหน่งหมุดวงรอบที่มีผลรวมกำลังสองของเศษเหลือน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามวิธีการปรับแก้งานวงรอบที่ยังใช้กันมากจะแยกการปรับเงื่อนไขทางมุมและเงื่อนไขทางด้าน โดยปรับแก้เงื่อนไขทางมุมก่อน จึงปรับแก้เงื่อนไขทางด้าน

6.2.1. การปรับแก้ทางมุม จะเป็นการหาขนาดความคลาดเคลื่อนของการวัดมุม โดยตรวจสอบ เงื่อนไขทางมุมของวงรอบ แล้วกระจายความคลาดเคลื่อนในการวัดไปที่มุมวงรอบทุกมุม เงื่อนไขทางมุมเป็นอย่างไรขึ้นอยู่กับวิธีการวัดมุมที่หมุดวงรอบ เพราะที่ตำแหน่งหมุดวงรอบจะ เป็นจุดเปลี่ยนทิศทางของเส้นวงรอบวิธีการวัดมุมมีหลายวิธี แต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับ ลักษณะงานที่ต่างกัน และมีเงื่อนไขทางมุมที่แตกต่างกัน ทำให้วิธีการปรับแก้มุมต่างกันด้วย วิธี ที่การวัดมุมในทางปฏิบัติของงานวงรอบ ได้แก่

o งานวงรอบแบบวัดมุมภายในวงรอบ (Interior Angle Traverse)

o งานวงรอบแบบวัดมุมตามเข็ม (Angle to the Right Traverse)

o งานวงรอบแบบวัดมุมเบี่ยงเบน (Deflection Angle Traverse)

6.2.2. **การปรับแก้ทางด้าน** จะเป็นการหาขนาดความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะทางโดยตรวจสอบเงื่อนไขทางด้านของวงรอบ แล้วกระจายความคลาดเคลื่อนไปยังเส้นวงรอบทุกเส้น วิธีที่การปรับแก้ทางด้านในงานวงรอบ ได้แก่

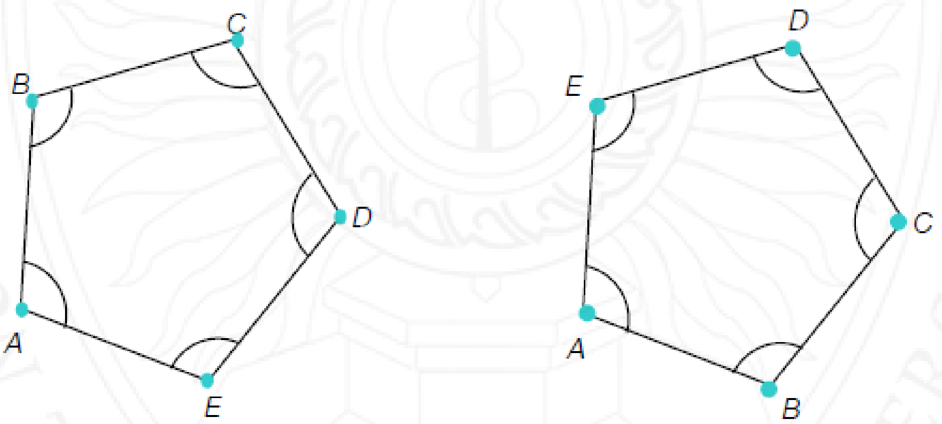
o Transit Rule เป็น การปรับแก้เมื่อการวัดมุมดีกว่าการวัดระยะ

o Compass Rule เป็น การปรับแก้เมื่อคุณภาพการวัดมุมพอๆหรือด้อยกว่าการวัดระยะ

6.3. การคำนวณทางมุมของงานวงรอบ

งานคำนวณเกี่ยวกับมุมของงานวงรอบ ประกอบด้วยการคำนวณ 2 ขั้นตอน คือ การปรับแก้มุมวงรอบ และการคำนวณหาแอซิมัธของเส้นวงรอบ วิธีการคำนวณแตกต่างกันตามวิธีการวัด ดังนี้

6.3.1. งานวงรอบแบบวัดมุมภายใน การวัดมุมภายในของวงรอบเป็นวิธีการที่ใช้ได้เฉพาะกับงาน วงรอบปิดทิศทางการทำงานตามแนววงรอบมี 2 แบบ คือ ทิศทางตามเข็มหรือวนขวา และทิศทางทวนเข็มหรือวนซ้าย



ภาพที่ 6.2 วงรอบแบบวัดมุมภายใน ตามเข็ม และ ทวนเข็ม

ขั้นตอนการคำนวณ ได้แก่

1) ปรับแก้มุมภายใน เงื่อนไขทางมุมที่ต้องปรับแก้ คือ

ผลรวมมุมภายใน = (จำนวนเหลี่ยมรูปวงรอบ-2) x 180

2) คำนวณหาแอซิมัธของเส้นวงรอบ คือ

กรณีวงรอบวนตามเข็ม

แอซิมัธเส้นใด = แอซิมัธย้อนเส้นก่อน – มุมภายในที่จุดนั้น

Azimuth BC = Back Azimuth AB – $\angle B$

= Azimuth BA – $\angle B$

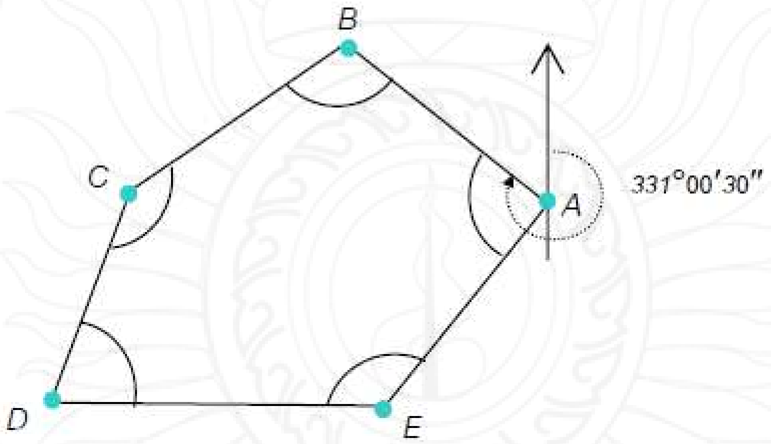
กรณีวงรอบวนทวนเข็ม

แอซิมัธเส้นใด = แอซิมัธย้อนเส้นก่อน + มุมภายในที่จุดนั้น

Azimuth BC = Back Azimuth AB + $\angle B$

= Azimuth BA + $\angle B$

ตัวอย่างที่ 6.1 การทำงานวงรอบ A B C D E โดยวิธีวัดมุมภายในทิศทางทวนเข็ม และวัดแอซิมัธของ AB ด้วยเข็มทิศได้ *331°00′30″* จงปรับแก้มุมวงรอบ



มุม	มุมภายใน	ค่าแก้	มุมหลังปรับแก้	แอซิมัท
A	*78° 22′ 30″*	*+ 18″*	*78° 22′ 48″*	*331° 00′ 30″*
B	*110° 28′ 00″*	*+ 18″*	*110° 28′ 18″*	*261° 28′ 48″*
C	*153° 29′ 00″*	*+ 18″*	*153° 29′ 18″*	*234° 58′ 06″*
D	*58° 20′ 30″*	*+ 18″*	*58° 20′ 48″*	*113° 18′ 54″*
E	*139° 18′ 30″*	*+ 18″*	*139° 18′ 48″*	*72° 37′ 42″*
	539° 58′ 30″	*+ 90″*	*540° 00′ 00″*	

ผลรวมมุมภายใน = 539°58′30″

ความคลาดเคลื่อนมุมในการบรรจบ= 539°58′30″- 540° = -1′30″

ค่าปรับแก้แต่ละมุม = +1′30″x15 = +18″

แอซิมัธ BC = แอซิมัธย้อน AB + มุม B

= (331°00′30″-180°) +110°28′18″

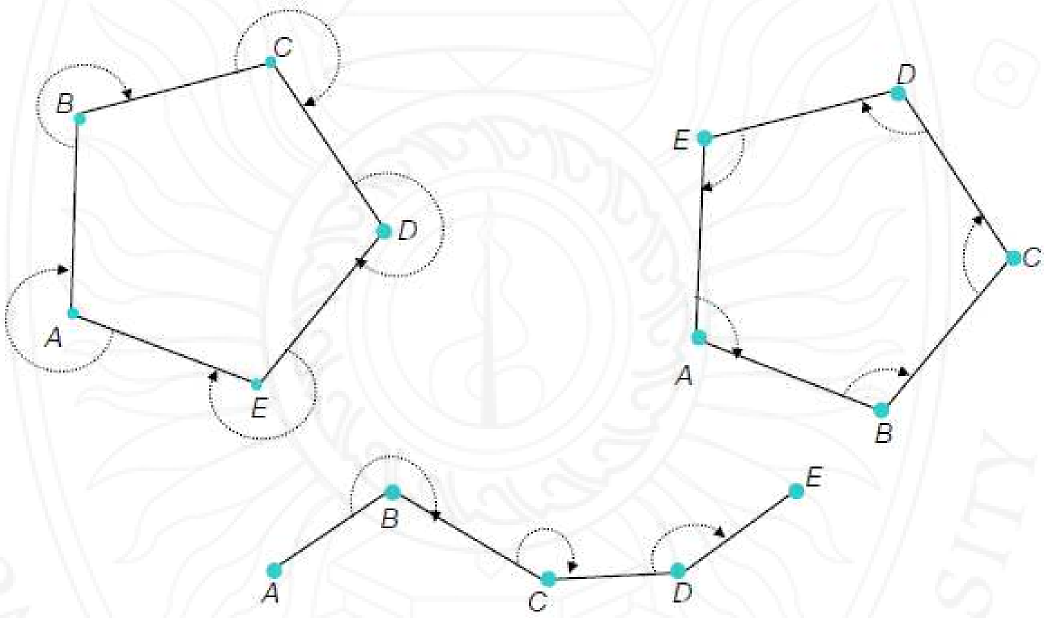
= 261°28′48″

สำหรับแอซิมัธของเส้นอื่นให้คำนวณโดยวิธีเดียวกับการหาแอซิมัธ BC

6.3.2. **งานวงรอบแบบวัดมุมตามเข็ม** มุมตามเข็มของเส้นวงรอบ คือ มุมวัดจากเส้นวงรอบเส้นก่อน มายังเส้นวงรอบเส้นต่อไปในทิศตามเข็ม

มุมตามเข็มที่หมุดวงรอบ = ค่าอ่านทิศทางเส้นหน้า – ค่าอ่านทิศทางเส้นหลัง

การวัดมุมตามเข็มของวงรอบ เป็นวิธีการที่ใช้ได้ทั้งงานวงรอบปิดและงานวงรอบเปิด วิธีการวัดมุมนิยมวัดด้วยกล้อง 2 หน้าเพื่อเพิ่มความถูกต้อง



ภาพที่ 6.3 วงรอบมุมตามเข็ม แบบวงรอบปิด และ วงรอบเปิด

ขั้นตอนการคำนวณ ได้แก่

1) ปรับแก้มุมตามเข็ม ถ้าทำงานวงรอบปิดในทิศทางตามเข็มหรือเวียนขวา มุมตามเข็มจะเป็นมุม ภายนอกของรูปเหลี่ยมวงรอบซึ่งปกติจะไม่นิยมทำ แต่ถ้าทำงานในทิศทางทวนเข็มหรือเวียนซ้าย มุมตามเข็มจะเป็นมุมภายในของรูปเหลี่ยมวงรอบ การปรับแก้จึงเหมือนการปรับแก้งานวงรอบแบบวัดมุมภายใน ฉะนั้นเงื่อนไขทางมุมที่ต้องปรับแก้สำหรับงานวงรอบปิด คือ

ผลรวมมุมภายนอก = (จำนวนเหลี่ยมรูปวงรอบ + 2) x 180

ผลรวมมุมภายใน = (จำนวนเหลี่ยมรูปวงรอบ - 2) x 180

ถ้าเป็นวงรอบเปิดเงื่อนไขทางมุมที่นำมาใช้ในการต้องปรับแก้คือ

ผลรวมมุมตามเข็ม = (จำนวนหมุด- 2) x 180 + (แอซิมัธเส้นสุดท้าย - แอซิมัธเส้นแรก)

หรือ ผลรวมมุมตามเข็ม = (จำนวนมุมตามเข็ม) x 180 + (แอซิมัธเส้นสุดท้าย - แอซิมัธเส้นแรก)

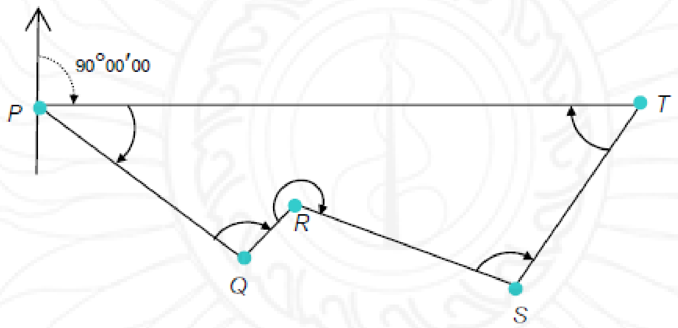
2) คำนวณหาแอซิมัธของเส้นวงรอบ คือ

แอซิมัธเส้นใด = แอซิมัธย้อนเส้นก่อน + มุมตามเข็มที่จุดนั้น

Azimuth BC = Back Azimuth AB + ∠B

= Azimuth BA + ∠B

ตัวอย่างที่ *6.2* การทำงานวงรอบ P Q R S T โดยวางหมุดในทิศทางทวนเข็ม วัดทิศทางของแนววงรอบ และวัดแอซิมัธของ PT ด้วยเข็มทิศได้ 90°00′00″ จงปรับแก้มุมวงรอบ



จุด	เป้า	ทิศทางราบ	มุมตามเข็ม (มุมภายใน)	ค่าแก้	มุมปรับแก้แล้ว	แอซิมัธ
P	T Q	51 54 50 92 16 00	40 21 10	- 03″	40 21 07	90 00 00 130 21 07
Q	P R	195 42 15 263 45 30	68 03 15	- 03″	68 03 12	310 21 07 18 24 19
R	Q S	26 15 15 281 15 30	255 01 15	- 03″	255 01 12	198 24 19 93 25 31
S	R T	320 16 00 101 00 20	140 44 20	- 03″	140 44 17	273 25 31 54 09 48
T	S P	302 36 20 338 26 35	35 50 15	- 03″	35 50 12	234 09 48 270 00 00
			540 00 15	- 15″	540 00 00	

ผลรวมมุมภายใน = 540°00′15″

ความคลาดเคลื่อนมุมในการบรรจบ= 540°00′15″-540° = +15″

ค่าปรับแก้แต่ละมุม = -15″x15 = - 03″

แอซิมัธ PQ = แอซิมัธย้อน TP + มุม P

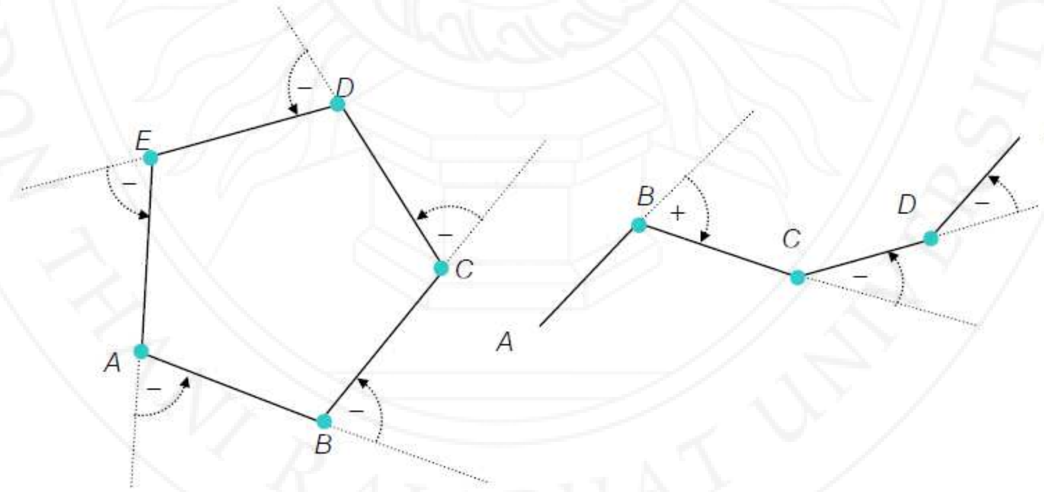
= 90°00′00″+ 40°21′07″

= 130°21′07″

สำหรับแอซิมัธของเส้นอื่นให้คำนวณโดยวิธีเดียวกับการหาแอซิมัธ PQ

6.3.3. **งานวงรอบแบบวัดมุมเบี่ยงเบน** การวัดมุมเบี่ยงเบนของเส้นวงรอบเป็นวิธีการที่ใช้ได้ทั้งงาน วงรอบปิดและงานวงรอบเปิด แต่มีความเหมาะสมกับการรังวัดงานวงรอบเปิดที่เป็นแนวยาวมากกว่า เช่น วงรอบของแนวถนน วิธีการวัดมุมเบี่ยงเบนทำโดยใช้กล้องธีโอโดไลท์ส่องย้อนไป ยังหมุดวงรอบหลัง (หมุดที่ผ่านมา) หมุนกล้องโทรทรรศน์รอบแกนราบ เป็นการเปลี่ยนหน้า กล้อง แล้วหมุนกล้องรอบแกนดิ่งส่องไปยังหมุดวงรอบถัดไป วัดมุมที่เส้นวงรอบเบนออกจาก แนววงรอบก่อนไปทางซ้ายหรือทางขวา โดยกำหนดให้

- มุมเบี่ยงเบนไปทางขวาหรือไปทางทิศตามเข็มมีเครื่องหมาย +
- มุมเบี่ยงเบนทางซ้ายหรือไปทางทิศทวนเข็มมีเครื่องหมายเป็น -



ภาพที่ 6.4 วงรอบปิดและวงรอบเปิด แบบมุมเบี่ยงเบน

ขั้นตอนการคำนวณได้แก่

1) ปรับแก้มุมเบี่ยงเบน เงื่อนไขทางมุมงานวงรอบแบบวัดมุมเบี่ยงเบน ที่ต้องปรับแก้ คือ

วงรอบปิด

ผลรวมมุมเบี่ยงเบน = *360°*

วงรอบเปิด

ผลรวมมุมเบี่ยงเบน = แอซิมัธเส้นสุดท้าย - แอซิมัธเส้นแรก

2) คำนวณหาแอซิมัธของเส้นวงรอบ คือ

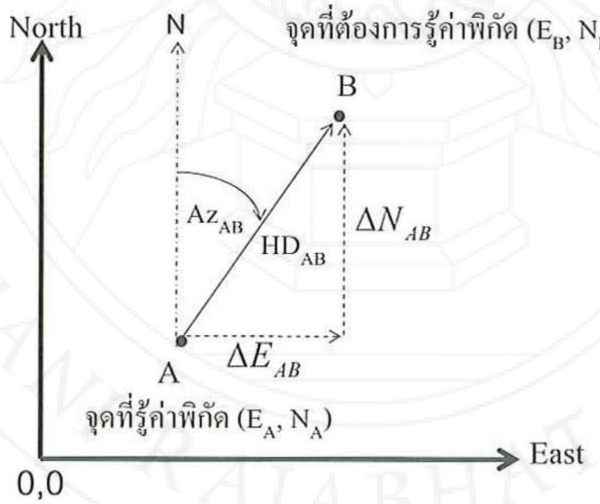
แอซิมัธเส้นใด = แอซิมัธเส้นก่อน + มุมเบี่ยงเบนที่จุดนั้น

Azimuth BC = Azimuth AB + ∠B

6.4. ระบบพิกัดระนาบและการคำนวณค่าพิกัด

งานคำนวณเกี่ยวกับระยะทางหรือด้านของงานวงรอบ ประกอบด้วยการคำนวณ 3 ขั้นตอน คือ การคำนวณระยะฉากของเส้นวงรอบ การปรับแก้ค่าระยะฉากให้สอดคล้องตามเงื่อนไขของรูปวงรอบ และการคำนวณพิกัดฉากของหมุดวงรอบ

6.4.1. ระยะฉาก เป็นระยะฉาย (Projection) ของเส้นวงรอบบนแกนอ้างอิง ได้แก่ ระยะเหนือ และ ระยะตะวันออก



ภาพที่ 6.5 ระยะฉากและแกนอ้างอิง

ระยะเหนือ *(Lattitude)* คือ ระยะฉายของเส้นวงรอบบนแกนเมอริเดียน หรือแกนทิศเหนือ-ใต้ มีขนาดเท่ากับความยาวเส้นวงรอบ (L) คูณด้วย Cosine ของแอซิมัธเส้นวงรอบนั้น

$$\mathrm{Lattitude} = \mathrm{L} \times \mathrm{Cos(Az)} \tag{6.1}$$

ระยะตะวันออก *(Departure)* คือ ระยะฉายของเส้นวงรอบบนแกนขนาน (แกนที่ตั้งฉากกับแกนเมอริเดียน) หรือแกนทิศตะวันออก-ตะวันตก มีขนาดเท่ากับความยาวเส้นวงรอบ (L) คูณด้วย Sine ของแอซิมัธเส้นวงรอบนั้น

$$\mathrm{Departure} = \mathrm{L} \times \mathrm{Sin(Az)} \tag{6.2}$$

ค่าระยะเหนือและค่าระยะตะวันออกมีเครื่องหมายบวกหรือลบกำกับ ตามผลลัพธ์ที่คำนวณได้ หรืออาจกล่าวว่า ค่าระยะเหนือและค่าระยะตะวันออกจะมีค่าบวกหรือลบขึ้นอยู่กับภาคทิศของทิศทางเส้นวงรอบ

ตารางที่ 6.1 แสดงเครื่องหมายระยะเหนือและระยะตะวันออก

ภาคทิศ	ระยะเหนือ	ระยะตะวันออก
1	+	+
2	-	+
3	-	-
4	+	-

6.4.2. เงื่อนไขการปรับแก้ เงื่อนทางด้านของวงรอบขึ้นอยู่กับชนิดของงานวงรอบ คือเป็นวงรอบปิดหรือวงรอบเปิด โดยตรวจสอบค่าระยะเหนือและระยะตะวันออกของวงรอบ ดังนี้

1) วงรอบปิด ผลรวมของค่าระยะเหนือและค่าระยะตะวันออกจะเท่ากับศูนย์

$$\Sigma\, Lattitude = 0$$

$$\Sigma Departure = 0$$

ขนาดของความคลาดเคลื่อนทางระยะเหนือจึงเท่ากับผลรวมระยะเหนือ และขนาดของความคลาดเคลื่อนทางระยะตะวันออกจึงเท่ากับผลรวมระยะตะวันออก

$$\Delta\, Lattitude = \Sigma\, Lattitude$$

$$\Delta\, Departure = \Sigma\, Departure$$

2) วงรอบเปิด ผลรวมของค่าระยะเหนือเท่ากับผลต่างพิกัดเหนือของจุดสุดท้ายกับจุดแรก และผลรวมค่าระยะตะวันออกเท่ากับผลต่างพิกัดตะวันออกของจุดสุดท้ายกับจุดแรก ถ้าให้วงรอบมีหมุด *n* จุด

$$\Sigma\ Lattitude\ =\ N_n - N_1$$
$$\Sigma\ Departure =\ E_n - E_1$$

ขนาดของความคลาดเคลื่อนทางระยะเหนือจึงเท่ากับผลรวมระยะเหนือลบด้วยผลต่างพิกัดเหนือของจุดสุดท้ายกับจุดเริ่ม และขนาดของความคลาดเคลื่อนทางระยะตะวันออกจึงเท่ากับผลรวมระยะตะวันออกลบด้วยผลต่างพิกัดตะวันออกของจุดสุดท้ายกับจุดเริ่ม

$$\Delta\ Lattitude\ =\ \Sigma\ Lattitude\ -\ (\ N_n - N_1)$$
$$\Delta\ Departure\ =\ \Sigma\ Departure\ -\ (\ E_n - E_1)$$

6.4.3 เป็นการเลือกวิธีการกระจายความคลาดเคลื่อนได้แก่ Transit Rule และCompass Rule การเลือกปรับแก้วิธีใดขึ้นอยู่กับระดับความถูกต้องของการวัดมุมและการวระยะทาง ถ้าการทำงานวงรอบใช้อุปกรณ์วัดมุมที่ให้ความถูกต้องสูงกว่าการวัดระยะทาง จะเลือกปรับแก้โดย Transit Rule และถ้าการทำงานวงรอบใช้อุปกรณ์วัดมุมที่ให้ความถูกต้องพกับการวัดระยะทาง จะเลือกปรับแก้โดยCompass Rule

1) Transit Rule เป็นการกระจายความคลาดเคลื่อน โดยพิจารณาให้ค่าน้ำหนักการปรับแก้ตามค่าระยะฉากของเส้นวงรอบแต่ละเส้น คือ

ค่าแก้ Lat ของเส้นใด = $\Delta\ \mathrm{Lat} \times \frac{\mathrm{Lattitude}}{\Sigma|\mathrm{Lattitude}|}$

ค่าแก้ Dep ของเส้นใด = $\Delta\ \mathrm{Dep} \times \frac{\mathrm{Departure}}{\Sigma|\mathrm{Departure}|}$

2) Compass Rule เป็นการกระจายความคลาดเคลื่อน โดยพิจารณาให้ค่าน้ำหนักการปรับแก้ตามค่าระยะทางของเส้นวงรอบแต่ละเส้น คือ

ค่าแก้ Lat ของเส้นใด = $\Delta\ \mathrm{Lat} \times \frac{\mathrm{Length}}{\Sigma|\mathrm{Length}|}$

ค่าแก้ Dep ของเส้นใด = $\Delta\ \mathrm{Dep} \times \frac{Length}{\Sigma|\mathrm{Length}|}$

ตัวอย่าง 6.3 การทำงานวงรอบปิดหลังจากปรับแก้มุมแล้ว ได้ค่าทิศทางแอซิมัทของเส้นวงรอบและระยะทางตามค่าในตาราง จงปรับแก้วงรอบนี้

1) ปรับแก้โดยวิธี Transit Rule

เส้น	แอซิมัท	ความยาว	ระยะ Lat	ระยะ Dep	ค่าแก้ Lat	ค่าแก้ Dep	ระยะปรับแก้	ระยะปรับแก้
AB	16° 50.0’	354.51	+339.32	+102.66	+0.01	-0.02	+339.33	+102.64
BC	85° 56.0’	318.54	+22.59	+317.74		-0.07	+22.59	+317.67
CD	65° 00.0 ’	274.17	+115.87	+248.48		-0.05	+115.87	+248.43
DE	191 23.0	469.65	-460.41	-92.70	+0.01	-0.02	-460.40	-92.72
EF	292 17.5	246.57	+93.53	-228.14		-0.05	+93.53	-228.19
FA	252 18.5	365.01	-110.92	-347.75		-0.08	-110.92	-347.83
		2028.45	-0.02	+0.29	-0.02	-0.29	0	0

ระยะเหนือ A – B = 354.51 X COS(16˚50.0′) = +339.32

ระยะตะวันออก A – B = 354.51 X SIN(16˚50.0′) = +102.66

**เส้นวงรอบเส้นอื่นให้คำนวณโดยวิธีเดียวกัน

ความคลาดเคลื่อนระยะเหนือ = -0.02

ความคลาดเคลื่อนระยะตะวันออก = +0.29

ผลรวมค่าสัมบูรณ์ระยะเหนือ = $|1142.65|$

ผลรวมค่าสัมบูรณ์ระยะตะวันออก = $|1337.47|$

ค่าปรับแก้ระยะเหนือ A-B กับ D-E = + 0.01 [เพราะเส้นทั้งสองมีค่า Lat มากกว่าเส้นอื่น]

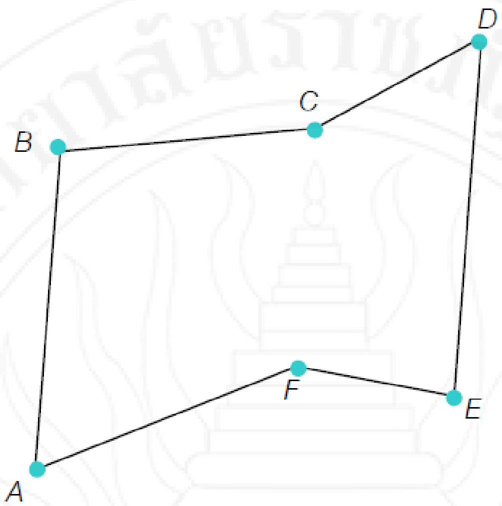
ค่าปรับแก้ระยะตะวันออก A-B = $+\,0.29 \times \frac{102.66}{1337.47}$ = -0.02

**ค่าปรับแก้ของเส้นอื่นให้คำนวณโดยวิธีเดียวกัน

ระยะเหนือ A – B ที่ถูกต้อง = 339.32+0.01 = +339.33

ระยะตะวันออก A – B ที่ถูกต้อง = 102.66-0.02 = +102.64

**เส้นวงรอบของเส้นอื่นให้คำนวณโดยวิธีเดียวกัน



2) ปรับแก้โดย Compass Rule

เส้น	แอซิมัท	ความยาว	ระยะ Lat	ระยะ Dep	ค่าแก้ Lat	ค่าแก้ Dep	ระยะปรับแก้	ระยะปรับแก้
AB	16° 50.0’	354.51	+339.32	+102.66	+0.01	-0.02	+339.33	+102.64
BC	85° 56.0’	318.54	+22.59	+317.74		-0.07	+22.59	+317.67
CD	65° 00.0 ’	274.17	+115.87	+248.48		-0.05	+115.87	+248.43
DE	191 23.0	469.65	-460.41	-92.70	+0.01	-0.02	-460.40	-92.72
EF	292 17.5	246.57	+93.53	-228.14		-0.05	+93.53	-228.19
FA	252 18.5	365.01	-110.92	-347.75		-0.08	-110.92	-347.83
		2028.45	-0.02	+0.29	-0.02	-0.29	0	0

หมายเหตุ การคำนวณระยะเหนือ ระยะตะวันออก เหมือนกับ Transit Rule

ผลรวมระยะทางเส้นวงรอบ = 2028.45

ความคลาดเคลื่อนระยะเหนือ = - 0.02

ความคลาดเคลื่อนระยะตะวันออก = + 0.29

ค่าปรับแก้ระยะเหนือ D-E กับ F-A = + 0.01 [เพราะเส้นทั้งสองมีค่าระยะมากกว่าเส้นอื่น]

ค่าปรับแก้ระยะตะวันออก *A-B* = *- 0.29 x* 354.512028.45 = *- 0.05*

***ค่าปรับแก้ของเส้นอื่นให้คำนวณโดยวิธีเดียวกัน

6.5. การคำนวณค่าความถูกต้อง

ความละเอียดของการวัดมุมและการวัดระยะทาง มีความสำคัญต่องานรังวัดเป็นอย่างยิ่งเพราะจะมีผลต่อความถูกต้องของงาน ความละเอียดของการวัดขึ้นอยู่กับการเลือกชนิดเครื่องมือและอุปกรณ์ ในขณะเดียวกันเลือกวิธีการวัดให้ถูกต้อง และมีจำนวนครั้งหรือจำนวนชุดวัดที่เหมาะสมกับความต้องการ ไม่วัดมากหรือน้อยเกินไป

6.5.1. **ขนาดความถูกต้อง** ขนาดความถูกต้องในการวัดที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นทั้งความถูกต้องของการวัดมุมและความถูกต้องของการวัดระยะทาง ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดความถูกต้องของงาน รังวัด เช่น

- งานรังวัดชั้นสามต้องการความถูกต้อง 1:5,000
- งานรังวัดชั้นสี่ต้องการความถูกต้อง 1:2,500
- งานรังวัดทั่วไปต้องการความถูกต้อง 1:1,000

งานรังวัดชั้นหนึ่งและสอง ตามมาตรฐานต่างๆมีข้อกำหนดความถูกต้องแตกต่างกันมากและมีการแบ่งชั้นย่อยอีก อย่างไรก็ตามความถูกต้องขั้นต่ำอาจกำหนดเป็น 1:20,000 และ 1:10,000 สำหรับงานรังวัดชั้นหนึ่งและสอง ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามการกำหนดมาตรฐานงานวงรอบของแต่ละหน่วยงานจะแตกต่างกันไป และไม่เพียงแต่กำหนดความถูกต้องหรือความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่านั้น ยังกำหนดข้อจำกัดต่างๆในการทำงาน เช่น ผลรวมระยะทางสูงสุดของเส้นวงรอบ จำนวนหมุดวงรอบสูงสุด ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ และจำนวนชุดที่ต้องวัด ค่าคลาดเคลื่อนในงานวัดมุมและระยะทางจึงเป็นเพียงส่วนหนึ่งของกฎเกณฑ์เพื่อตรวจสอบหรือประเมินผลงานที่ได้

6.5.2. **ค่าคลาดเคลื่อนในงานวัดมุม** คือ ความแตกต่างของค่าที่วัดได้กับเงื่อนไขทางมุมของรูป วงรอบตามหลักเรขาคณิต จะต้องไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนของมุมที่ยอมรับได้ หาจากความถูกต้องที่กำหนดตามชั้นงาน เช่น งานรังวัดชั้นสาม ต้องการความถูกต้อง 1:5,000 ฉะนั้นค่าคลาดเคลื่อนในงานวัดมุมที่แต่ละหมุดวงรอบจะต้องไม่เกิน 1 เรเดียน เท่ากับ 41″ หรือปัดเศษเป็น 30″ ดังนั้นงานวงรอบปิดชั้นที่ 3 จึงกำหนดความคลาดเคลื่อนของการ บรรจบมุม *(Angular Error of Closure)* เท่ากับ $30''\sqrt{N}$ เมื่อ n เป็นจำนวนมุมของวงรอบ

6.5.3. **ค่าคลาดเคลื่อนในงานวัดระยะทาง** คือ ความแตกต่างของค่าที่วัดได้กับเงื่อนไขทางด้านของ รูปวงรอบตามหลักเรขาคณิต ขนาดของความคลาดเคลื่อน (e) หาได้จากค่าคลาดเคลื่อนทาง ระยะเหนือและทางระยะตะวันออก โดยหาในรูปของความคลาดเคลื่อนของการบรรจบด้าน *(Linear Error of Closure)* แล้วหาความถูกต้องทางด้านที่ได้ จะต้องไม่เกินค่าตามกำหนดของ ชั้นงาน

$$e = \sqrt{\Delta Lattitude^2 + \Delta Departure^2}$$

$$\text{Accuracy} = \frac{e}{\Sigma \text{ ระยะเส้นวงรอบ}} = 1{:}\ \Sigma \text{ ระยะเส้นวงรอบ}/e$$

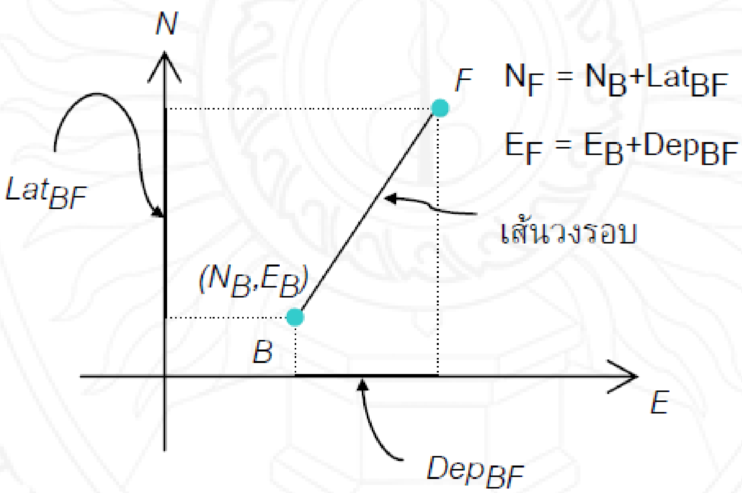
6.6. การคำนวณค่าพิกัดหมุดวงรอบ

การคำนวณพิกัดตำแหน่งหมุดวงรอบจะทำหลังจากการปรับแก้วงรอบให้เงื่อนไขต่างๆ ทั้งเงื่อนไขทางมุมและเงื่อนไขทางด้านถูกต้องแล้ว เป็นการคำนวณหาพิกัดราบ N,E อาจเป็นระบบพิกัดเดียวกับหมุดควบคุมอื่น โดยจะมีหมุดอ้างอิงที่รู้ค่าพิกัดเป็นส่วนหนึ่งของวงรอบ หรือเป็นพิกัดสมมุติที่เป็นอิสระก็ได้ ถ้าเป็นพิกัดสมมุติ จะนิยมสมมุติพิกัดหมุดเริ่มงานเป็นตัวเลขลงตัว เช่น 500.00,100.00 โดยพิจารณาประมาณว่าไม่มีค่าพิกัดหมุดใดๆ ที่คำนวณได้หลังจากปรับแก้แล้วมีค่าเป็นลบ

โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

พิกัดเหนือที่จุดใด = พิกัดเหนือจุดก่อน + ระยะเหนือจากจุดก่อนถึงจุดนั้น

พิกัดตะวันออกที่จุดใด = พิกัดตะวันออกจุดก่อน + ระยะตะวันออกจากจุดก่อนถึงจุดนั้น



ภาพที่ *6.6* แสดงการหาพิกัดหมุด

ตัวอย่างที่ 6.4 จากตัวอย่าง 6.3 หลังจากปรับแก้ทางมุมและปรับแก้ทางด้านแล้ว ได้ค่าระยะเหนือและระยะตะวันออกตามค่าในตาราง ถ้าให้พิกัดราบ N,E ของจุด A มีค่า 100.00,300.00 จงหาพิกัดราบของจุดที่เหลือ

จุด	*ระยะ* Lat	*ระยะ* Dep	N	E
A			100	300
B	+339.33	+102.64	439.33	402.64
C	+22.59	+317.67	461.92	720.31
D	+115.87	+248.43	577.79	968.74
E	-460.40	-92.72	117.39	876.02
F	+93.53	-228.19	210.92	647.83
A	-110.92	-347.83	100	300

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

ตัวอย่างการคำนวณปรับแก้งานวงรอบ

จุด	ระยะ	มุมภายใน	ค่าแก้	ปรับแก้	แอซิมัท	LAT	DEP	Corr Lat	Corr Dep	Adj Lat	Adj Dep	N	E
A		100° 43′	+1′	100° 44′								200	300
	86.90				333 ° 50′	77.99	-38.32	+0.03	+0.02	78.02	-38.30		
B		101 34	+1′	101 35								278.02	261.70
	186.09				255˚25′	-46.85	-180.08	+0.05	+0.04	-46.80	-180.04		
C		89 05	+0′	89 05								231.22	81.66
	219.60				164˚30′	-211.61	58.69	+0.06	+0.05	-211.55	58.74		
D		17 11	+1′	17 12								19.67	140.40
	61.87				1˚42′	61.84	1.84	+0.01	+0.01	61.86	1.85		
E		231 23	+1′	231 24								81.53	142.25
	197.21				53˚06′	118.41	157.71	+0.06	+0.04	118.47	157.75		
F												200	300
	751.67	539.56	+4′	540˚00′		-0.22	-0.16	+0.22	+0.16	0.00	0.00		

ข้อกำหนดงานชั้นที่สี่

ความคลาดเคลื่อนการบรรจบมุมไม่เกิน *√5* ลิปดา หรือ *134* วิลิปดา

ความคลาดเคลื่อนการบรรจบด้านไม่เกิน *1:2500*

ความคลาดเคลื่อนการบรรจบมุม = *539 56 - 540 = - 04 ′ > 134 ″* ** ใช้ไม่ได้***

ค่าปรับแก้มุม = $+\frac{04'}{5}$ = *+ 0.8 ′* ปัดเป็น *+1″ (มุม C ไม่ต้องปรับแก้)*

ความคลาดเคลื่อนการเข้าบรรจบ =$\sqrt{0.22^2 + 0.16^2}$ = 0.272

ความถูกต้องทางระยะ = 0.272 /751.67 = 1:2700 *ดีกว่า* 1:2500 ** *ใช้ได้****

ปรับแก้ *Lat* และ *Dep* ใช้ *Compass Rule* กระจายความคลาดเคลื่อนตามขนาดระยะ

พิกัดจุด *A 200.00, 300.00* เป็นพิกัดสมมุติ

6.7. สรุปท้ายบท

นักสำรวจต้องต้องศึกษาเกี่ยวกับหลักการในการทำวงรอบเพื่อประโยชน์ในงานด้านวิศวกรรมสำรวจ โดยต้องทราบถึงวัตถุประสงค์ในการทำวงรอบ ประเภทของวงรอบ วิธีที่ใช้ในการทำงานวงรอบ และมีความสามารถในการคำนวณวงรอบ พร้อมปรับแก้เพื่อให้งานสำรวจมีความสมบูรณ์และมีคุณภาพตามเกณฑ์งานกำหนดไว้

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

แบบทดสอบท้ายบท

1. การทำวงรอบ(Traverse) คือกระบวนการที่ใช้ในการวัดความยาวและทิศทางของเส้นตรงที่มาประกอบกันเป็นวงรอบ จงอธิบายว่าการทำวงรอบมีวัตถุประสงค์อย่างไรบ้าง

2. การทำวงรอบมีด้วยกัน *2* ประเภท คือ วงรอบเปิด*(open traverse)* และวงรอบปิด *(close traverse)* จงอธิบายความแตกต่างของวงรอบทั้งสองประเภท

3. จากข้อมูลที่กำหนดให้ จงทำการปรับแก้ระยะ *latitude* และ *departure* ของวงรอบปิด *ABCD* พร้อมทั้งบอกตำแหน่งทุกสถานี โดยกำหนดให้สถานี *A* มีค่าพิกัดฉากเป็น (0,0)

เส้นวงรอบ	แอซิมัท	ความยาว(เมตร)
AB	329˚50′52″	140
BC	71˚52′53″	180
CD	157˚50′52″	131
DA	249˚51′53″	159

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

เอกสารอ้างอิง

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด (ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอค ทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S K Duggal . 2008 . **Surveying** (volume 1) . 2 nd . Tata McGraw – Hill , New delhi

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7
เส้นชั้นความสูง

หัวข้อเนื้อหา

เส้นชั้นความสูง

7.1 คำจำกัดความที่เกี่ยวข้อง

7.2 ชนิดของเส้นชั้นความสูง

7.3 คุณสมบัติของเส้นชั้นความสูง

7.4 การกำหนดเส้นชั้นความสูง

7.5 การเขียนเส้นชั้นความสูง

7.6 ประโยชน์จากการเขียนเส้นชั้นความสูง

7.7 สรุปท้ายบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 7

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความรู้และทักษะดังนี้

1. อธิบายความหมายของเส้นชั้นความสูงได้
2. อธิบายชนิดและคุณสมบัติของเส้นชั้นความสูงได้
3. อธิบายการกำหนดเส้นชั้นความสูงและเลือกเส้นชั้นความสูงให้สัมพันธ์กับค่าระดับได้
4. สามารถเขียนเส้นชั้นความสูงได้ถูกต้อง
5. สามารถหาค่าระดับ ความแตกต่างของความสูงจากเส้นชั้นความสูงในแผนที่ได้
6. อธิบายหาค่าระดับจากเส้นชั้นความสูงด้วยวิธีต่างๆได้อย่างแม่นยำ
7. อธิบายประโยชน์ของเส้นชั้นความสูงได้

วิธีสอนและกิจกรรม

1. ชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหา และเกณฑ์การให้คะแนนรายวิชา
2. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบเอกสารประกอบการสอนและรูปภาพ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในแต่ละหัวข้อและเสนอแนวความคิด ก่อนข้ามหัวข้อนั้น
4. ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียน สอบถามผู้เรียนถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัย และสรุปเนื้อหาประจำบท
5. มอบหมายให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน และกำหนดวันส่ง
6. ชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนในครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนไปศึกษาก่อนล่วงหน้า
7. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน
8. แบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตามใบงานที่ได้มอบหมาย และกาหนดวันส่งรายงาน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อเอกสารประกอบการสอนอิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. ใบงาน
7. อุปกรณ์การทดลองตามใบงาน ประกอบด้วย
   - 7.1 ใบงานเรื่อง การทำวงรอบด้วยกล้องแบบประมวลผลรวม
   - 7.2 กล้องแบบประมวลผลรวม
   - 7.3 ขาตั้งกล้อง
   - 7.4 ค้อน,peg ไม้
   - 7.5 สมุดสนาม
8. แบบฝึกหัดท้ายบท
9. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล

1. ประเมินจากความตรงต่อเวลาของนักศึกษาในการส่งงานและเข้าเรียน
2. ประเมินจากการซักถาม-ตอบคำถาม
3. ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบท
4. ประเมินจากการปฏิบัติการในใบงาน
5. ประเมินจากรายงานของใบงาน
6. ประเมินจากผลการสอบย่อย

การประเมินผล

1. จากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จตามเวลา
2. ทำใบงานถูกต้องและครบสมบูรณ์
3. ทำแบบฝึกหัดมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

บทที่ 7 แผนที่และเส้นชั้นความสูง
(Map and Contour Line)

การทำแผนที่หรือแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) คือ ภาพลายเส้นและสัญลักษณ์ที่แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งของวัตถุทั้งที่เป็นธรรมชาติและสิ่งปลูกสร้างที่ปรากฏบนผิวโลก เป็นการ แสดงตำแหน่งวัตถุบนผิวโลก ซึ่งอยู่ในระบบ3มิติมาปรากฏบนระนาบ 2 มิติ ด้วยการแสดง รายละเอียดเหล่านี้ในสองรูปแบบ คือ รายละเอียดทางราบและรายละเอียดทางดิ่ง (horizontal details and vertical details) รายละเอียดทางดิ่ง คือ ข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศ ซึ่งสามารถแสดงได้สองลักษณะ ได้แก่ เส้นชั้นความสูง (contour line) และจุดความนสูง (spot height)

การวาดสิ่งที่ต้องการบันทึกลงบนแผ่นกระดาษ อาจเป็นลักษณะภูมิประเทศ สิ่งธรรมชาติ หรือสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมา สิ่งที่ปรากฏบนแผนที่เพื่อแสดงรายละเอียดต่างๆ คือ สัญลักษณ์ แผนที่จึงต่างจากรูปถ่าย รูปถ่ายได้รายละเอียดแบบภาพเหมือนจริง แต่แผนที่แสดงรายละเอียดด้วยสัญลักษณ์ สัดส่วนระหว่างระยะห่างของจุดสองจุดบนแผนที่กับระยะทางราบของสองจุดนั้นบนภูมิประเทศ คือ มาตราส่วนแผนที่ ฉะนั้นอาจกล่าวว่าแผนที่เป็นแบบจำลองโดยการย่อส่วนสภาพภูมิประเทศหรือรายละเอียดต่างๆมาเขียนลงบนแผ่นกระดาษ

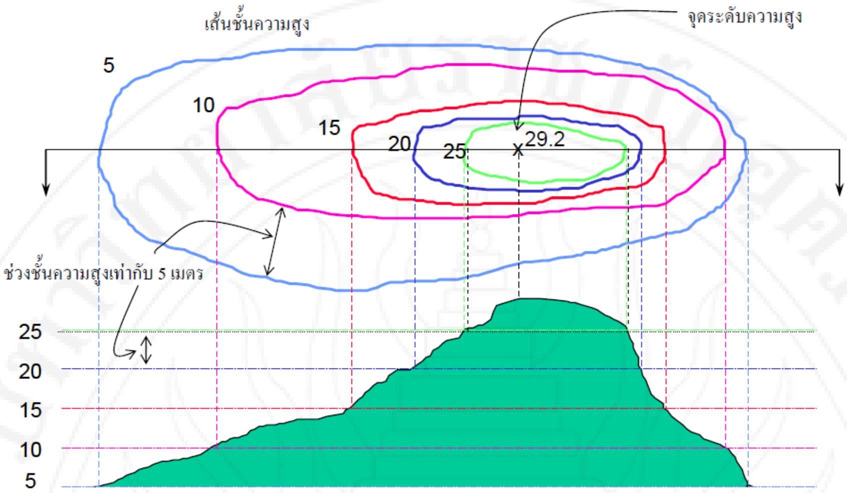
ตำแหน่งของสิ่งต่างๆในแผนที่หมายถึงตำแหน่งทางราบและระยะทางดิ่ง การแสดงตำแหน่งทางราบโดยทั่วไปจะใช้ระบบพิกัดฉาก *X-Y* หรือพิกัดฉากเหนือใต้ *N-E* แต่ในแผนที่ขนาดใหญ่จะใช้พิกัดภูมิศาสตร์แลติจูด-ลองกิจูด (Latitude -Longitude) แผนที่ที่ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับความสูงโดยแสดงเพียงตำแหน่งทางราบและทิศทางสัมพันธ์ของจุดและเส้น เรียกว่า แผนที่อาณาเขต (Planimetric Map) แผนที่ที่แสดงระยะทางดิ่งหรือลักษณะสูงต่ำของภูมิประเทศด้วย เรียกว่า แผนที่ภูมิประเทศ *(Topographic map)* การแสดงลักษณะสูงต่ำของพื้นที่สามารถแสดงได้หลายวิธี เช่น กำกับด้วยจุดความสูง *(Spot height)* ระบายสีแรเงา และ เส้นชั้นความสูง (Contour Line)

7.1 คำจำกัดความที่เกี่ยวข้อง

เส้นชั้นความสูง (contour line) คือ เส้นต่อจุดที่มีค่าระดับความสูงเท่ากัน หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่ง เป็นเส้นที่เกิดจากการตัดกันของผิวระดับที่ความสูงนั้นกับผิวดิน ภาพที่ 7.1 แสดงเส้นชั้นความสูงที่เกิดจาก การตัดกันของผิวดินและผิวระดับที่ 5, 10, 15, 20 และ 25 เมตร ตามลำดับ

1) จุดความสูง (spot height) คือ จุดที่บอกค่าความสูง ณ ตำแหน่งนั้น ภาพที่ 7.1 ที่ยอดเขามีค่า ความสูงเท่ากับ 29.2 เมตร

2) ช่วงเส้นชั้นความสูง (contour interval) คือ ระยะดิ่งระหว่างคู่เส้นชั้นความสูง ซึ่งจะมีค่าคงที่สำหรับแผนที่หนึ่ง ๆ ภาพที่ 7.1 แสดงช่วงเส้นชันความสูงทุก 5 เมตร



ภาพที่ 7.1 เส้นชั้นความสูงและความหมายเส้นชั้นความสูง

7.2 ชนิดของเส้นชั้นความสูง

ชนิดของเส้นชั้นความสูง พิจารณาจากลักษณะที่แตกต่างกัน แบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด คือ

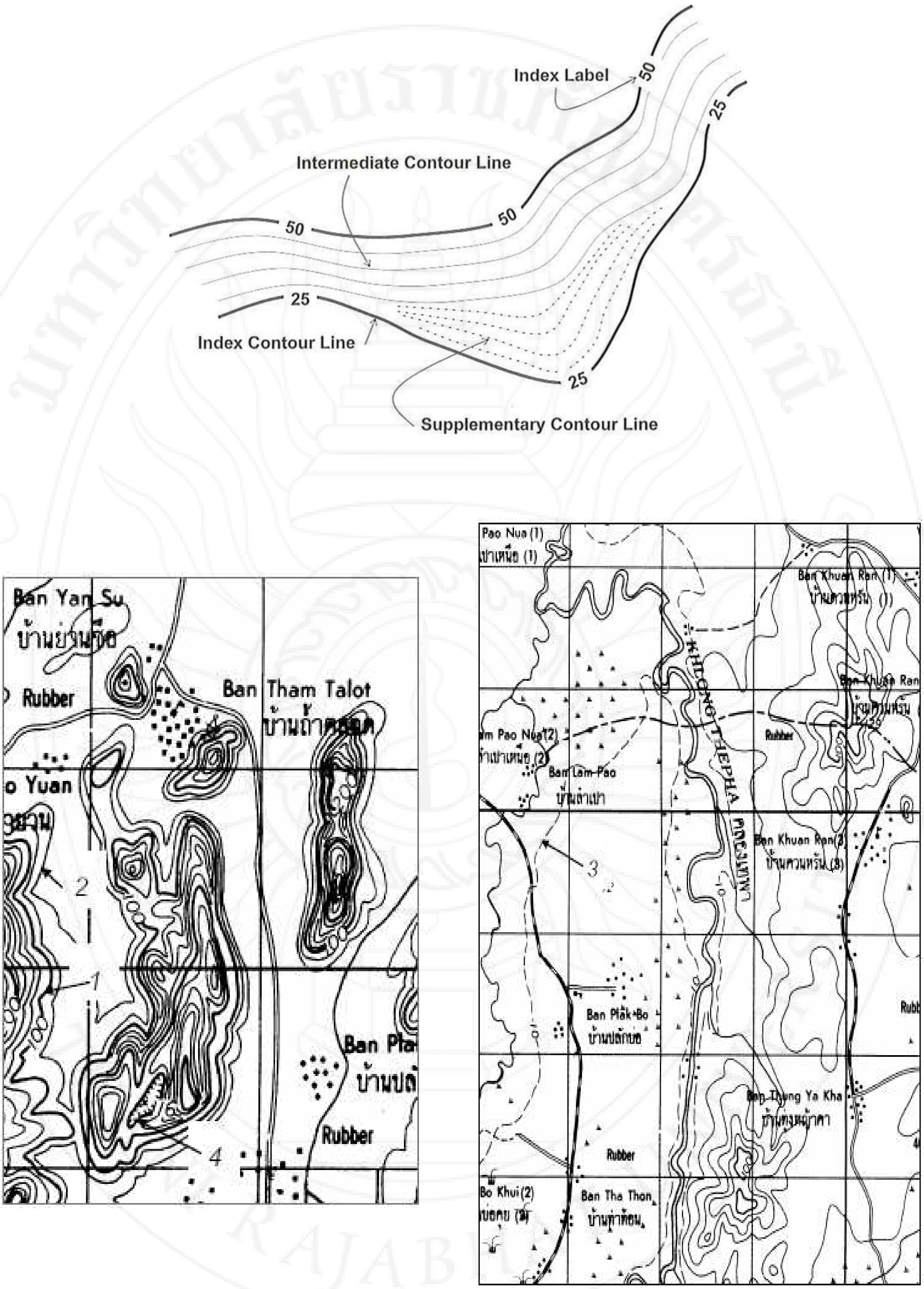
1) เส้นชั้นความสูงหลัก (Index Contour) เป็นเส้นชั้นความสูงที่แสดงด้วยเส้นหนา มีตัวเลขความสูงกำกับโดยบอกความสูงเป็นหน่วยถ้วนๆ เช่น 100, 200, 300 เมตร

2) เส้นชั้นความสูงย่อย (IntermediateContour) เป็นเส้นชั้นความสูงที่อยู่ระหว่างเส้นชั้นความสูงหลัก แสดงด้วยเส้นที่บางกว่า บอกความสูงละเอียดกว่า เช่น 110,120,130 เมตร

3) เส้นชั้นความสูงเสริม (Supplemental Contour) เป็นเส้นชั้นความสูงที่เขียนเสริมขึ้นเป็นพิเศษในบริเวณที่พื้นดินมีความลาดชันน้อยเพราะเส้นชั้นความสูงอยู่ห่างกันเกินควรเส้นชั้นความสูงเสริมเขียนเป็นเส้นประเขียนอยู่ระหว่างกลางเส้นชั้นความสูงปกติช่วยให้การใช้แผนที่สะดวกขึ้น

4) เส้นชั้นความสูงลด (Depression Contour) เป็นเส้นชั้นความสูงที่มีขีดสั้นๆในแนวตั้งฉากกับเส้นชั้นความสูงและชี้ไปทางทิศที่ลาดลงใช้แสดงลักษณะภูมิเทศที่ลาดลงเป็นหลุมบึงเหว

5) เส้นชั้นความสูงสมมุติ (Approximate Contour) เป็นเส้นชั้นความสูงที่เขียนสมมุติขึ้นใช้ในกรณีที่ไม่ทราบความสูงของภูมิประเทศ



ภาพที่ 7.2 ชนิดเส้นชั้นความสูง

7.3 คุณสมบัติของเส้นชั้นความสูง

แผนที่เส้นชั้นความสูงแสดงลักษณะของภูมิประเทศ ความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของเส้นชั้นความสูง จะช่วยให้การแปลความหมายของแผนที่ได้รวดเร็วและถูกต้อง คุณสมบัติของเส้นชั้นความสูงที่ควรรู้ ได้แก่

1) ทุกจุดบนเส้นชั้นความสูงเดียวกันจะมีระดับเท่ากัน และเส้นชั้นความสูงที่มีค่าระดับต่างกันจะไม่มารวมเป็นเส้นเดียวกัน ยกเว้นพื้นที่ที่เป็นหน้าผาดิ่งหรือชะโงกผายื่นออกมา

2) เส้นชั้นความสูงที่มีค่าระดับเท่ากัน จะไม่มาบรรจบเป็นเส้นเดียว หรือเส้นชั้นความสูงเส้นเดียวจะไม่แยกออกเป็นสองเส้นที่มีระดับเท่ากัน

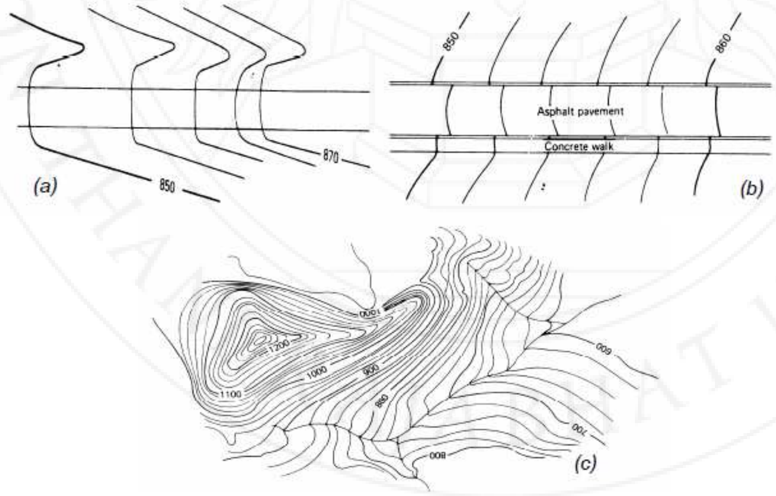
3) เส้นชั้นความสูงจะไม่ไปหยุดที่ใด แต่จะวนกลับมาที่เดิม หรือบรรจบขอบเขตของแผนที่ ฉะนั้นถ้าแผนที่ของพื้นที่บริเวณกว้างจะเห็นเส้นชั้นความสูงบรรจบตัวเองเสมอ

4) พื้นที่บริเวณที่มีเส้นชั้นความสูงอยู่ชิดกันมาก แสดงว่าเป็นพื้นที่ลาดชันมาก และตรงข้าม ถ้าพื้นที่บริเวณที่มีเส้นชั้นความสูงอยู่ห่างกันแสดงว่าเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบ

5) พื้นที่ระหว่างเส้นชั้นความสูง 2 เส้น ทิศทางของความลาดเอียงมากที่สุด คือทิศทางที่ตั้งฉากกับเส้นชั้นความสูง เพราะมีระยะทางราบสั้นที่สุดระหว่าง 2 จุดที่มีค่าต่างระดับเท่ากัน

6) พื้นที่ปริเวณใดมีเส้นชั้นความสูงห่างกันสม่ำเสมอ แสดงว่าพื้นที่นั้นมีความลาดเอียงสม่ำเสมอ และถ้าเป็นเส้นตรงขนานกันมีระยะห่างเท่าๆกันพื้นที่บริเวณนั้นจะเป็นพื้นระนาบเอียง เช่น ด้านข้างถนนด้านข้างเขื่อน แต่ถ้าผ่านบริเวณที่ขรุขระไม่เป็นรูปทรงจะเป็นเส้นคดงอ

7) เส้นชั้นความสูงเส้นเดียวกัน จะปรากฏอยู่ทั้งสองด้านของสันเขา หรือร่องน้ำไหล โดยเส้นชั้นความสูงที่ตัดผ่านสันเขาจะเป็นรูป U และทำมุมฉากกับแนวสันปันน้ำ ขณะที่เส้นชั้นความสูงตัดที่ผ่านแนวหุบเขาหรือทางน้ำไหลจะเป็นรูป V และทำมุมฉากกับแนวทางน้ำเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 7.3 เส้นชั้นความสูงของ (a) ถนนไม่มีขอบ (b) ถนนมีขอบและทางเท้า (c) สันเขาและทางน้ำไหล

7.4 การกำหนดเส้นชั้นความสูง

การเลือกช่วงเส้นชั้นความสูงมีปัจจัยพิจารณา 2 ปัจจัย คือ มาตราส่วนของแผนที่ และลักษณะ ภูมิประเทศ โดยจะกำหนดตามมาตราส่วนของแผนที่เป็นหลัก และเปลี่ยนแปลงตามลักษณะของภูมิ ประเทศแต่ละใช้นที่ แผนที่มาตราส่วนเล็กจะมิช่วงเส้นชั้นความสูงใหญ่ ทำนองเดียวลันแผนที่มาตรา ส่วนใหญ่ก็มิช่วงเส้นชั้นความสูงเล็ก (ตารางที่ 7.1) โดยพิจารณาทั่ว ๆไปได้ ดังนี้

1) แผนที่มาตราส่วนใหญ่ ใช้ช่วงชั้นความสูง 0.1 เมตร ถึง 2 เมตร

2) แผนที่มาตราส่วนกลาง ใช้ช่วงชั้นความสูง 2 เมตร ถึง 5 เมตร

3) แผนที่มาตราส่วนเล็ก ใช้ช่วงชั้นความสูง 5 เมตร ถึง 200 เมตร

ตารางที่ 7.1 ช่วงเส้นชั้นความสูงที่ใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วนต่างๆ

มาตราส่วนแผนที่	พื้นที่ภูเขาและลาดชันมาก	พื้นที่ภูเขาและลาดชันปานกลาง	พื้นที่เนินและค่อนข้างราบ
1:1,000	1	0.50	0.25
1:2,000	2	1	0.5
1:5,000	5	2	1
1:10,000	10	5	2
1:20,000	20	10	2.5
1:25,000	20	10	2.5
1:50,000	20/30	10/20	5
1:100,000	50	25	5/10

7.5 การเขียนเส้นชั้นความสูง

การเขียนเส้นชั้นความสูงจะอาศัยข้อมูลจดความสูงในพนที่ที่ได้จากการสำรวจ ซึ่งอาจจะมีลักษณะเป็นแบนสุ่ม (random points) หรือเป็นตารางกริด (grid points) ดังแสดงในรูปที่ 7.4 ด้วยวิธีการคำนวณหาตำแหน่งจดที่มิค่าระดับตามเส้นชั้นความสูงที่ด้องการจากจุดเหล่านี้ แล้วจึงลากเส้นเชื่อมจุดเป็นเส้นชั้นความสูงนั้น ๆ

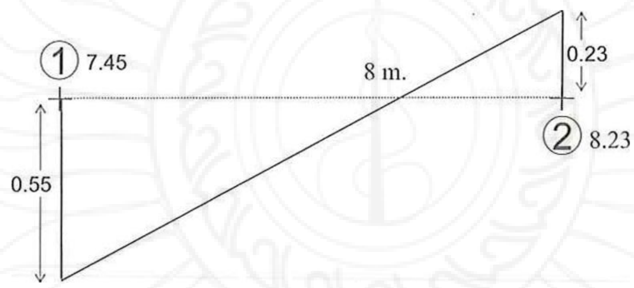


ภาพที่ 7.4 ชนิดข้อมูลจุดความสูง

7.5.1 **การหาตำแหน่งจุดเพื่อเขียนเส้นชั้นความสูง**

1) วิธีกราฟิก (Graphical method)

จากภาพที่ 7.5 จุดที่ 1 ด้านซ้ายมีค่าระดัน 7.45 เมตร และจุด 2 ด้านขวามีค่าระดับ 8.23 เมตร จะเห็นว่า มีตำแหน่งเส้นชันความสูง 8 เมตรอยู่ การหาสามารถทำได้ คือ



ภาพที่ 7.5 การหาตำแหน่งเส้นชั้นความสูงด้วยวิธีกราฟิก

- ที่จุด 1 มีค่าระดับต่ำกว่า 8 เมตร เท่ากับ 0.55 เมตร และจุดที่ 2 สูงกว่า 0.23 เมตร

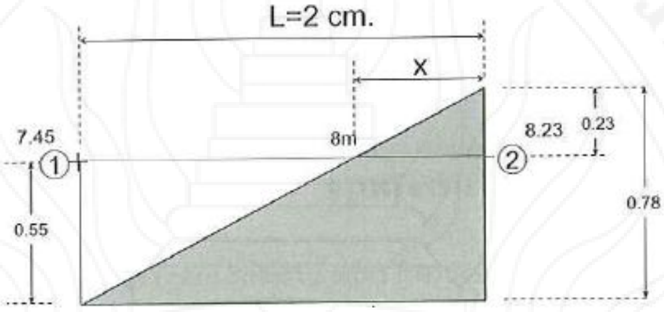
- ดังนั้น ที่จุด 1 ให้ลากเส้นตั้งฉากกับแนว 12 ยาว 0.55 หน่วย และที่จุด 2 ลาก ยาว 0.23 หน่วย ในทิศทางตรงข้ามกัน

- ลากเส้นเชื่อมแนวนั้งสองตั้งเส้น 12 ซึ่งจะได้ตำแหน่งจุดที่มีค่าระดับ 8 เมตร

2) วิธีการคำนวณ (Calculation method)

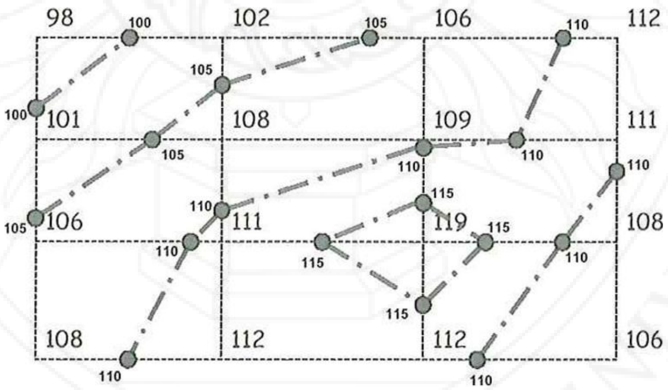
จากภาพที่ 7.5 เมื่อเขียนเป็นรูปสามเหลี่ยมประกอบด้วยสามเหลี่ยมคล้ายสองรูป โดยที่วัดระยะระหว่างจุดที่ 1 และ 2 ได้เท่ากับ 2 เซนติเมตร และ X คือ ระยะห่างของตำแหน่งจุดระดับที่ 2 ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยอาศัยคุณสมบัติของสามเหลี่ยมได้ดังนี้

$$X = \left(\frac{0.23}{0.78}\right) \times 2 = 0.59 \text{ เซนติเมตร}$$

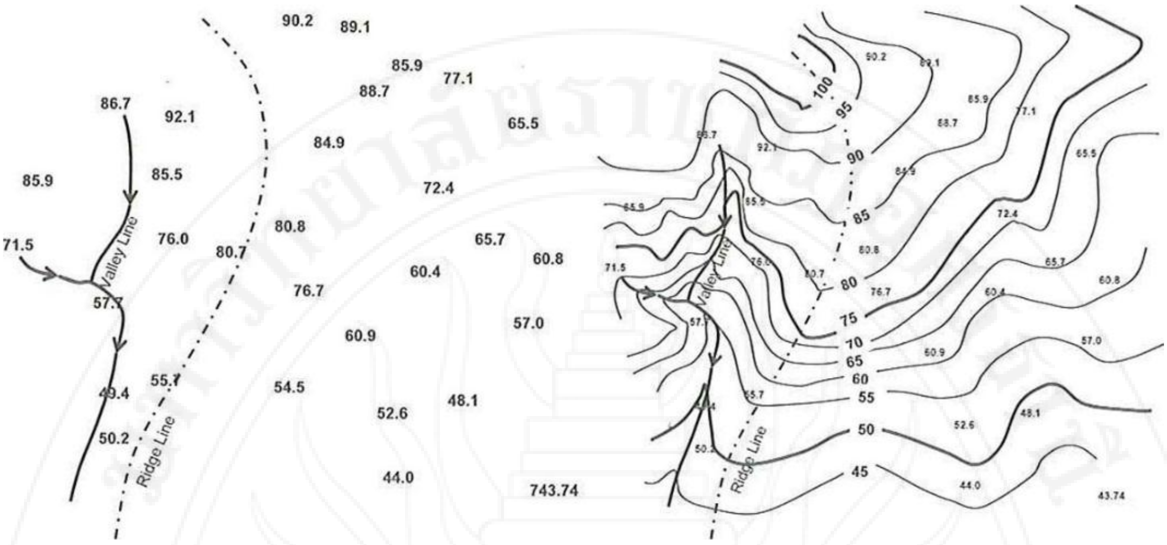


ภาพที่ 7.6 การหาตำแหน่งเส้นชั้นความสูงด้วยวิธีคำนวณ

ตัวอย่างการเขียนเส้นชั้นความสูงของข้อมูลระดับตารางกริดดังแสดงในภาพที่ 7.7 เมื่อพิจารณาดูแล้วจะพบว่าค่าระดับต่ำที่สุดคือ 98 เมตรและสูงสุดคือ 119 เมตรเขียนช่วงเส้นชั้นความสูงทุก 5 เมตร ดังนั้น เส้นชั้นความสูงเส้นแรกคือ 100 เมตร และเส้นสุดท้ายคือ 115 เมตร โดยทำการคำนวณหาตำแหน่งที่มีค่าระดับ 100, 105, 110 และ 115 ด้วยวิธีกราฟิก หรือการคำนวณในทำนองเดียวกันหากข้อมูลจุดความสูงเป็นข้อมูลแบบสุ่มการเขียนเส้นชั้นความสูงทำได้เช่นเดียวกัน ดังรูป 7.8



ภาพที่ 7.7 การเขียนเส้นชั้นความสูงจากข้อมูลตารางกริด



รูปที่ 7.8 การเขียนเส้นชั้นความสูงจากข้อมูลแบบสุ่ม

7.6 ประโยชน์จากการเขียนเส้นชั้นความสูง

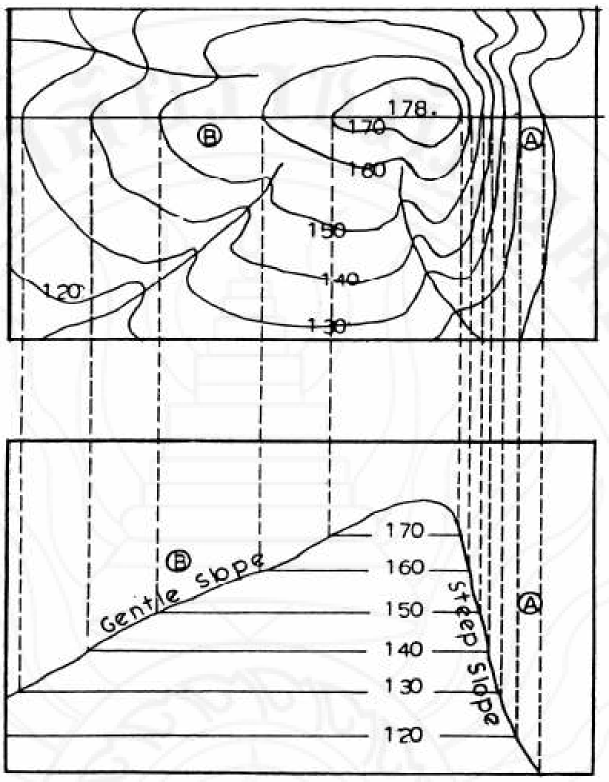
เส้นชั้นความสูงของแผนที่ภูมิประเทศ (topographic map) เป็นรายละเอียดที่สำคัญในการแสดง ลักษณะความสูงต่ำของพื้นที่ในภาพสองมิติ ซึ่งมีประโยชน์ในการพิจารณาการออกแบบพื้นที่หรือ สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ทั้งของสถาปนิกและวิศวกร รวมไปถึงการคำนวณปริมาณงานดิน เพื่อนำไปประเมินค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากเส้นชั้นความสูง ได้แก่

ประโยชน์ของแผนที่เส้นชั้นความสูงหรือแผนที่ภูมิประเทศมีหลายประการดังนี้

1) ใช้แผนที่ในการศึกษาลักษณะภูมิประเทศของบริเวณใดๆได้โดยที่ไม่ต้องออกไปดูสถานที่จริง ทำให้รู้ว่าพื้นที่บริเวณนั้นเป็นที่ราบหรือภูเขา

2) ใช้แผนที่ในการออกแบบหรือตัดสินใจเลือกสถานที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโครงงานทางวิศวกรรมต่างๆ เช่น แนวคลองส่งน้ำ แนวท่อระบายน้ำ ที่ตั้งอ่างเก็บน้ำ แนวถนน แนวทางรถไฟ เป็นต้น

3) ใช้แผนที่ในการหารูปตัดของพื้นที่ เพื่อดูลักษณะของผิวดินตามธรรมชาติเป็นอย่างไร โดยการเขียนรูปตัดจากค่าระดับที่ได้จากเส้นชั้นความสูง

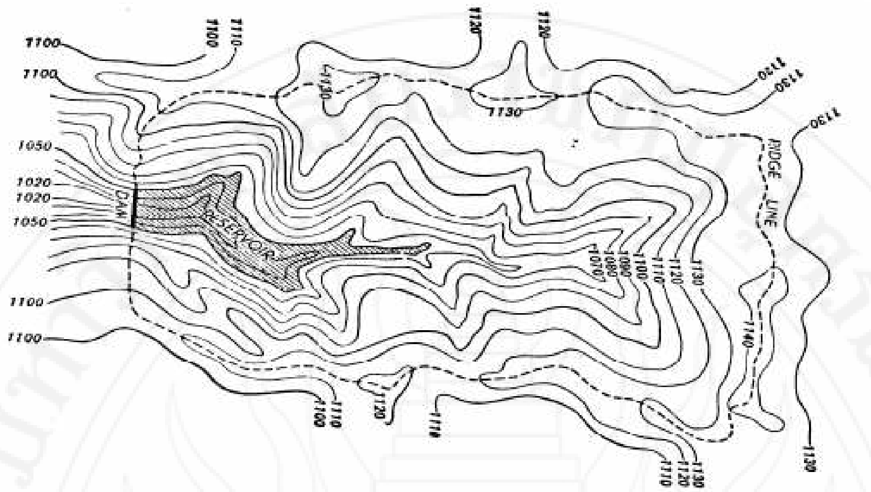


ภาพที่ 7.9 การเขียนรูปตัดจากแผนที่เส้นชั้นความสูง

4) ใช้แผนที่ในการหาว่าจุด 2 จุดสามารถมองเห็นกันหรือไม่ โดยการเขียนรูปตัดผิวดินระหว่างจุดทั้งสอง แล้วลากเส้นตรงระหว่างจุดสองจุดที่อยู่เหนือพื้นดินตามความสูงที่กำหนด ซึ่งเปรียบได้เป็นแนวสายตา ถ้ามีส่วนใดของเส้นผิวดินอยู่สูงกว่าแนวสายตา แสดงว่าพื้นที่บริเวณนั้นขวางแนวการมองจุดทั้งสอง จึงไม่สามารถมองเห็นกัน

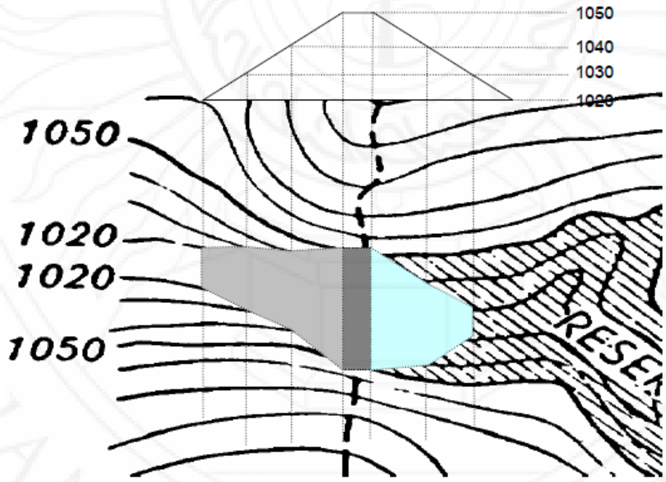
5) ใช้แผนที่ในการคำนวณปริมาตรของดินที่ขุดหรือถม การหาปริมาตรของดินขุดหรือถมมีหลายวิธี เช่น หาจากจุดความสูง หาจากรูปพื้นที่ตัดขวาง หรือหาจากพื้นที่ที่เส้นชั้นความสูงล้อมรอบ แต่ละวิธีล้วนสามารถหาได้จากแผนที่เส้นชั้นความสูงทั้งสิ้น ซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทต่อไป

6) ใช้แผนที่ในการหาพื้นที่เก็บกักน้ำและพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ ทำให้สามารถคำนวณความจุของอ่างเก็บน้ำและปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างได้ พื้นที่เก็บน้ำคือพื้นที่ที่ล้อมด้วยเขื่อนและเส้นชั้นความสูงที่มีค่าระดับเท่ากับความสูงของทางระบายน้ำล้น ส่วนพื้นที่รับน้ำจะล้อมรอบด้วยเส้นที่ลากตามแนวสันเขื่อนขึ้นไปจนถึงสันเขาทั้งสองด้าน แล้วลากตามสันเขาไปจนบรรจบกันที่ด้านเหนือเขื่อน เป็นพื้นที่รองรับน้ำฝนแล้วไหลลงอ่าง



ภาพที่ 7.10 พื้นที่เก็บกักน้ำและพื้นที่รับน้ำฝนของอ่างเก็บน้ำ

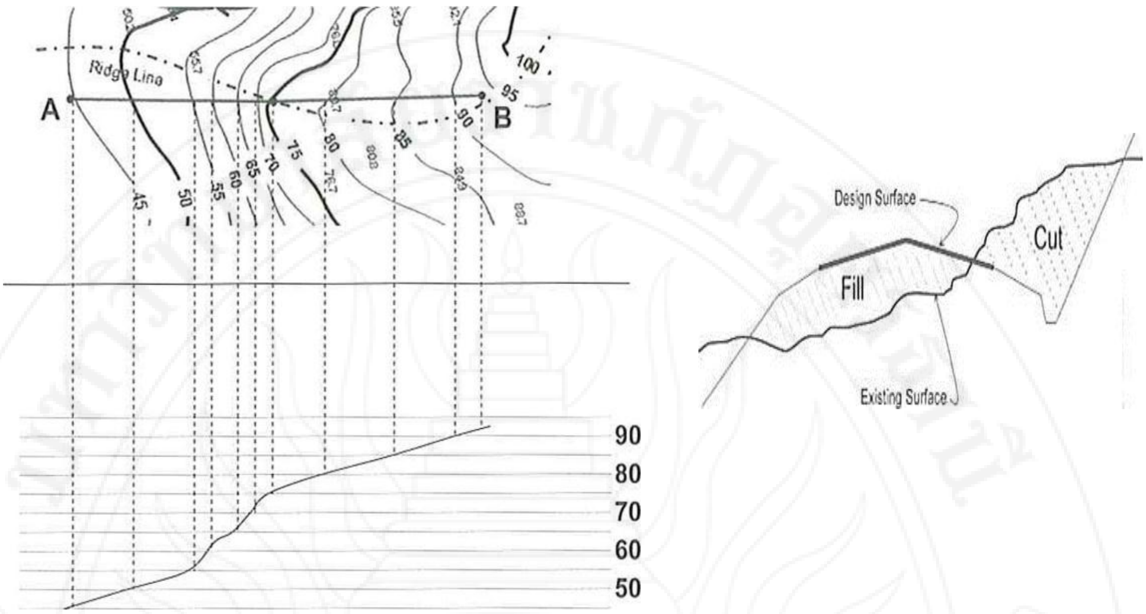
7) ใช้แผนที่ในการหารอยตัดของพื้นที่กับขอบสิ่งก่อสร้างเพื่อหาขอบเขตของบริเวณงานก่อสร้าง เช่น ขอบเขตฐานเขื่อน แนวฐานของถนน เป็นต้น วิธีการหาแนวขอบของฐานเขื่อนใช้การโยงเส้นระหว่างจุดที่มีความสูงเท่ากันจากภาพ 2 ด้านที่ตั้งฉากกัน คือแผนที่เป็นภาพที่มองจากด้านบน (Top View) และภาพด้านข้าง (Side View) ของเขื่อนที่มีมาตราส่วนเดียวกับแผนที่ ดังรูปที่ 7.11 สำหรับงานอื่นก็ทำได้โดยวิธีเดียวกัน



ภาพที่ 7.11 การหาแนวขอบเขตของฐานเขื่อน

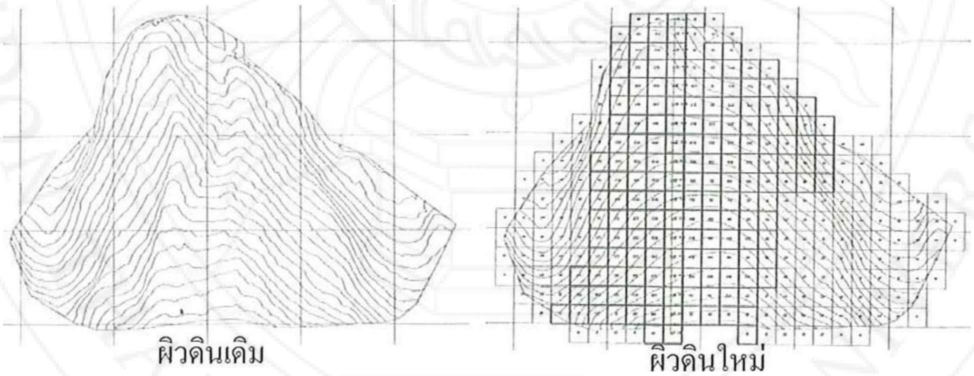
8) **เขียนรูปตัดตามแนวต่าง ๆ**การใช้ประโยชน์ในการหารูปตัดตามแนว และตามขวางจากแผนที่เส้นชันความสูง ตามแนวถนนหรือคลองส่งนา (รูปที่ 7.12) ไม่ว่าจะเป็นรูปตัดตามแนวยาว หรือรูปตัดขวาง (profiles and cross sections) เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาสู่สภาพพื้นที่และทำการออกแบบเชิงเรขาคณิต (geometric design) ของถนนหรือคลองนั้น ๆ

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY



ภาพที่ 7.12 รูปตัดจากเน้นชั้นความสูงตามแนว AB และการออกแบบถนนตามรูปตัดขวาง

9) เขียนรูปตัดตามแนวต่าง ๆเป็นการพัฒนาพื้นที่โดยรวมขนใหม่ด้วยการปรับสภาพภูมิทัศน์ (landscape design) ซึ่งจะได้แผนที่เน้นชั้นความสูงของพื้นที่ที่ออกแบนใหม่ เช่น การปรับสภาพพื้นที่ตามการออกแบบ ภูมิทัศนใหม่ การปรับแต่งผิวหน้าผาเพื่อการก่อสร้างพระพุทธรูป (รูปที่ 7.12) เป็นต้น



ภาพที่ 7.13 การออกแบบปรับสภาพหน้าผาและคำนวณปริมาณหินที่ต้องระเบิดออก

7.7 สรุปท้ายบท

ในการดำเนินงานวิศวกรรมสำรวจนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สำรวจจะต้องทราบถึงวิธีการในการหาค่าความต่างระดับของความสูงที่ต่างกันในบริเวณพื้นที่ที่การสำรวจ โดยใช้ประโยชน์จากเส้นชั้นความสูงซึ่งใช้บอกความสูงต่ำของภูมิประเทศ ได้แก่ เส้นชั้นความสูงหลัก เส้นชั้นความสูงกลาง เส้นชั้นความสูงบอกทิศทาง และเส้นชั้นความสูงประมาณ อย่างไรก็ตาม เส้นชั้นความสูงดังกล่าวก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันไป เพื่อแสดงถึงสภาพภูมิประเทศในบริเวณที่ทำการสำรวจ ซึ่งผู้สำรวจจำเป็นต้องเลือกให้มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการดำเนินการสำรวจในแต่ละครั้งด้วย

แบบทดสอบท้ายบท

1. จงอธิบายความหมายของเส้นชั้นความสูง(Contour Line)

2. เส้นชั้นความสูงที่ใช้เขียนลงในแผนที่มีประเภท 5 ประเภท จงบอกว่ามีเส้นชั้นความสูงประเภทใดบ้าง พร้อมทั้งอธิบายความหมายของเส้นชั้นความสูงแต่ละประเภท

3. ในแผนที่แสดงเส้นชั้นความสูง (Contour Map) ที่มีมาตรส่วน 1:2,500 มี ช่วงชั้นความสูง (Contour Interval) 2.5 เมตร เส้นชั้นความสูงที่อยู่ติดกันสองเส้นมีระยะห่างกันบนแผนที่เท่ากับ 4.5 เซนติเมตร จงคำนวณความลาดเอียงของพื้นที่บริเวณนี้ว่า มีความลาดเอียงร้อยละเท่าไร

เอกสารอ้างอิง

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด (ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอคทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S K Duggal . 2008 . **Surveying** (volume 1) . 2 nd . Tata McGraw – Hill , New delhi

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8
พื้นที่และปริมาตร

หัวข้อเนื้อหา

พื้นที่และปริมาตร

8.1. การหาพื้นที่โดยการรังวัดพื้นที่

8.2 การหาพื้นที่จากแผนผังหรือแผนที่

8.3. การหาพื้นที่โดยใช้พิกัดฉากหรือระยะฉาก

8.4. การหาพื้นที่จากรูปตัด

8.5. สรุปท้ายบท

แบบฝึกหัดท้ายบท บทที่ 8

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความรู้และทักษะดังนี้

1. อธิบายความหมายของการหาพื้นที่ ปริมาตรได้
2. สามารถคำนวณพื้นที่ และปริมาตร ของพื้นที่รูปทรงต่างๆกันได้
3. สามารถหาค่าพิกัดฉากจากพื้นที่ที่ได้จากแผนที่ได้
4. สามารถคำนวณหาปริมาณงานดินตัดดินถมจากพื้นที่ได้
5. สามารถหาค่าระดับในแผนที่เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาตรได้
6. อธิบายหาค่าระดับจากเส้นชั้นความสูงด้วยวิธีต่างๆได้อย่างแม่นยำ
7. อธิบายประโยชน์ของเส้นชั้นความสูงได้

วิธีสอนและกิจกรรม

1. ชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหา และเกณฑ์การให้คะแนนรายวิชา
2. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบเอกสารประกอบการสอนและรูปภาพ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในแต่ละหัวข้อและเสนอแนวความคิด ก่อนข้ามหัวข้อนั้น
4. ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียน สอบถามผู้เรียนถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัย และสรุปเนื้อหาประจำบท
5. มอบหมายให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน และกำหนดวันส่ง
6. ชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนในครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนไปศึกษาก่อนล่วงหน้า
7. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน
8. แบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตามใบงานที่ได้มอบหมาย และกาหนดวันส่งรายงาน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อเอกสารประกอบการสอนอิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. แบบงานสำรวจพื้นที่จริง
7. อุปกรณ์การทดลองตามใบงาน ประกอบด้วย
8. แบบฝึกหัดท้ายบท
9. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล

1. ประเมินจากความตรงต่อเวลาของนักศึกษาในการส่งงานและเข้าเรียน
2. ประเมินจากการซักถาม-ตอบคำถาม
3. ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบท
4. ประเมินจากการปฏิบัติการในห้องเรียน
5. ประเมินจากรายงานของนักศึกษา
6. ประเมินจากผลการสอบย่อย

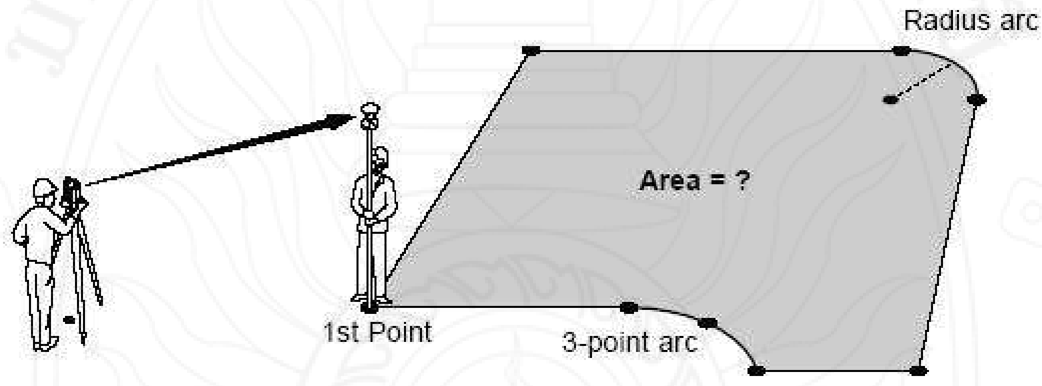
การประเมินผล

1. จากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จตามเวลา
2. ทำใบงานถูกต้องและครบสมบูรณ์
3. ทำแบบฝึกหัดมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

บทที่ 8 พื้นที่และปริมาตร

(Area and Volume)

การทำงานรังวัดอาจมีจุดมุ่งหมายต้องการหาพื้นที่ของบริเวณใดบริเวณหนึ่ง พื้นที่ในงานรังวัดจะหมายถึงพื้นที่ บนระนาบราบไม่ใช่พื้นที่ตามผิวดินจริง หรือพื้นที่ในระนาบดิ่งในกรณีที่หาพื้นที่ของรูปตัดขวาง และบางครั้งก็ อาจต้องการรู้ปริมาตร โดยเฉพาะปริมาตรของวัสดุที่ใช้ในงานวิศวกรรม เช่น ปริมาตรดิน หิน น้ำ แร่ เป็นต้น



ภาพที่ 8.1 การวัดหาพื้นที่

วิธีการหาพื้นที่และปริมาตรมีหลายวิธี แต่ละวิธีต้องการข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณที่แตกต่างกัน วิธีการหา ข้อมูลอาจเป็นการหาข้อมูลจากการวัดในงานสนามหรือจากแผนที่เขียนไว้ ซึ่งวิธีแรกจะให้ความถูกต้องดีกว่า เพราะวิธีที่สองจะมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเขียนรูปเพิ่มขึ้นอีก นอกจากนี้ยังอาจใช้ข้อมูลที่ได้จากการ คำนวณค่าอื่นๆมาคำนวณหาพื้นที่ ส่วนการหาปริมาตรมักต้องใช้ข้อมูลจากการหาพื้นที่ ในงานรังวัดอาจ พิจารณาวิธีการหาพื้นที่และวิธีการหาปริมาตรได้ดังนี้

1.1. วิธีการหาพื้นที่แบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

(1) การหาพื้นที่โดยการรังวัดพื้นที่

(2) การหาพื้นที่โดยการวัดจากแผนที่หรือแผนผัง

(3) การหาพื้นที่จากค่าระยะฉากและพิกัดฉาก

1.2. วิธีการหาปริมาตรแบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

(1) การหาปริมาตรจากพื้นที่รูปตัด

(2) การหาปริมาตรจากเส้นชั้นความสูง

(3) การหาปริมาตรจากจุดความสูง

การคำนวณพื้นที่หรือคำนวณปริมาตรควรทำเป็นรูปแบบที่ดูง่ายและตรวจสอบง่าย การตรวจสอบควร กระทำโดยผู้อื่นโดยใช้วิธีคำนวณวิธีเดียวกัน หรือผู้คำนวณเป็นผู้ทำการตรวจสอบเอง โดยใช้วิธีคำนวณวิธีอื่น ถ้าการคำนวณถูกต้องผลการคำนวณต้องเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน ความถูกต้องของผลลัพธ์ของการคำนวณ พื้นที่และปริมาตรจะขึ้นกับปัจจัย 3 อย่างคือ

1) ความถูกต้องของการรังวัดในสนาม

2) ความถูกต้องของการเขียนแผนผัง ถ้าการคำนวณนั้นวัดจากแผนผังที่เขียนไว้

3) วิธีการที่ใช้ในการคำนวณ ถ้ารูปที่คำนวณไม่เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต ผลลัพธ์ที่คำนวณได้จะเป็น ค่าที่ใกล้เคียงเท่านั้น

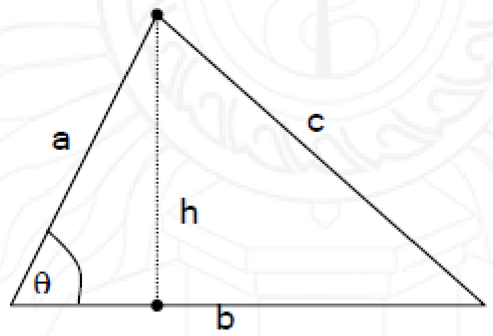
8.1. การหาพื้นที่โดยการรังวัดพื้นที่

การรังวัดในพื้นที่เพื่อนำข้อมูลที่วัดได้มาคำนวณหาพื้นที่ วิธีการรังวัดจะวางเส้นรังวัดให้ทับแนวเขตพื้นที่และให้ คลุมพื้นที่ทั้งหมด แล้ววัดระยะที่จำเป็นต่อการคำนวณมักไม่นิยมวัดมุม วิธีการรังวัดได้แก่

8.1.1. พื้นที่รูปทรงเรขาคณิต โดยแบ่งพื้นที่ด้วยเส้นรังวัดออกเป็นรูปทางเรขาคณิต เช่น รูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมจตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นต้น แล้วคำนวณหาพื้นที่ด้วยสูตรทางเรขาคณิต

พื้นที่ของรูปเรขาคณิตคำนวณตามสูตรต่อไปนี้

1) พื้นที่รูปสามเหลี่ยม (A) เมื่อ a b c เป็นความยาวด้านทั้งสาม



ก) $$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

เมื่อ $s = \frac{a+b+c}{2}$

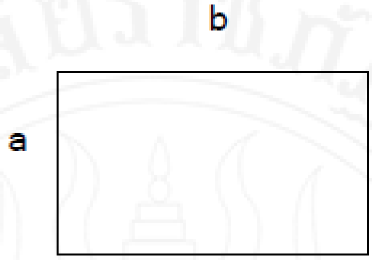
ข) $$A = \frac{1}{2}\ b\ h$$

เมื่อ h = ความสูงวัดจากด้าน b

ค) $$A = \frac{1}{2}\ a\ b \sin(\theta)$$

เมื่อ θ = มุมระหว่างด้าน a และ b

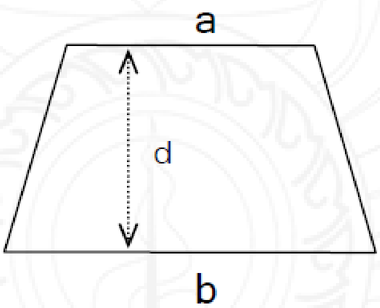
2) พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก (A)



$$A = a \times b$$

เมื่อ a b เป็นความยาวด้านทั้งสองที่ตั้งฉากกัน

3) พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู (A)

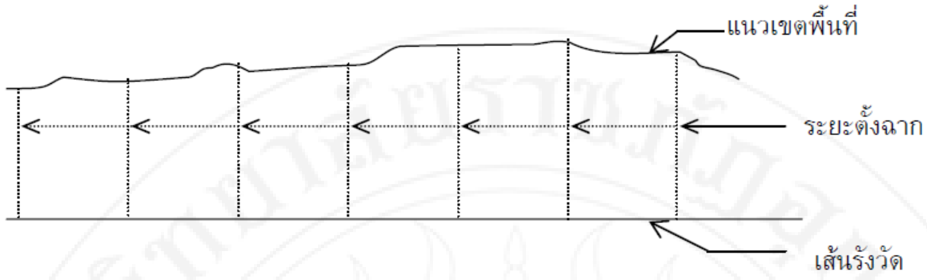


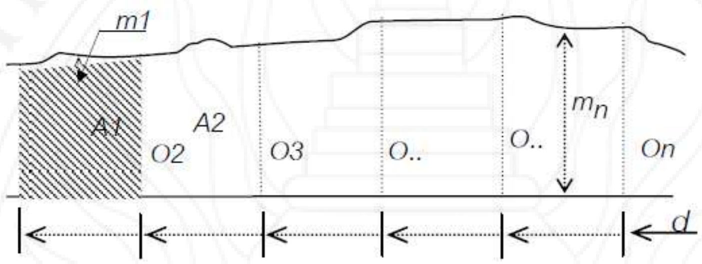
$$A = \frac{1}{2}\ (a+b)d$$

เมื่อ a,b เป็นความยาวของด้านทั้งสองที่ขนาดกัน

d เป็นระยะห่างของเส้นคู่ขนาน

8.1.2. วัดระยะตั้งฉาก (Offset) จากเส้นรังวัด เป็นการหาพื้นที่ระหว่างเส้นตรงกับแนวคดโค้งไม่สม่ำเสมอ โดยทั่วไปแนวเขตพื้นที่มักไม่เป็นเส้นตรงแต่จะคดโค้งไปตามแนวธรรมชาติ เช่น แนวชายฝั่งแม่น้ำ แนวชายป่า แนวโค้งถนน เป็นต้น การรังวัดจะวัดระยะตั้งฉากจากเส้นตรงหรือเส้นรังวัดที่วางแนวไว้ไปยังแนวเขตพื้นที่ด้วยช่วงห่างคงที่





ให้ d เป็นระยะช่วงที่เท่าๆกัน

o เป็นระยะตั้งฉากที่จุดแบ่งช่วง

m เป็นระยะตั้งฉากที่จุดกลางช่วง

การคำนวณพื้นที่สามารถ คำนวณได้หลายวิธี ดังนี้

1) Mid-Ordinate Rule แบ่งเส้นรังวัดออกเป็นช่วงเท่าๆกันแล้ววัดระยะตั้งฉากที่จุดกลางช่วงไปยังเส้นแนว เขต พื้นที่แต่ละช่องเท่ากับระยะตั้งฉากที่จุดกึ่งกลางคูณระยะช่วง

$$A1 = m1\ x\ d$$
$$A = (m1 + m2 + m3 + \ldots + m_n)\ x\ d$$

2) Average Ordinate Rule แบ่งเส้นรังวัดออกเป็นช่วงเท่าๆกัน วัดระยะตั้งฉากที่จุดแบ่งไปยังแนวเขตพื้นที่ พื้นที่เท่ากับระยะตั้งฉากเฉลี่ยคูณระยะทางทั้งหมด

$$A = \frac{(O1 + O2 + O3 + \cdots + On)}{n} \times D$$

3) Trapetzoidal Rule แบ่งเส้นรังวัดออกเป็นช่วงเท่าๆกัน วัดระยะตั้งฉากที่จุดแบ่งไปยังแนวเขตพื้นที่ สมมุติฐานของวิธีนี้คือ พื้นที่แต่ละช่องระหว่างระยะตั้งฉากสองเส้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู มีพื้นที่เท่ากับค่าเฉลี่ยของระยะตั้งฉากคู่หนึ่งคูณด้วยระยะระหว่างเส้นตั้งฉากคู่นั้น ฉะนั้นด้านแนวเขตที่เป็นเส้นโค้งจะกลายเป็นเส้นตรง

$$A1 = \frac{(O1 + O2)}{2} \times d$$

$$A = (\frac{O1 + On}{2} + O2 + O3 + \cdots + O_{n-1}) \times d$$

4) Simson's Rule แบ่งเส้นรังวัดออกเป็นช่วงเท่าๆกัน วัดระยะตั้งฉากที่จุดแบ่งไปยังแนวเขตพื้นที่ สมมุติฐานของวิธีนี้คือระหว่างพื้นที่ *2* ช่องที่แบ่งโดยเส้นตั้งฉาก ด้านแนวที่คดโค้งจะเป็นโค้งของ *Parabola* การคำนวณหาพื้นที่แต่ละครั้งจะหาพื้นที่ของ *2* ช่องที่ติดกัน ดังนั้นการแบ่งช่วงต้องแบ่งให้เป็นจำนวนคู่หรือมีระยะตั้งฉากเป็นจำนวนคี่

$$A1 + A2 = \frac{d}{3} \times [O_1 + O_2 + O_3]$$

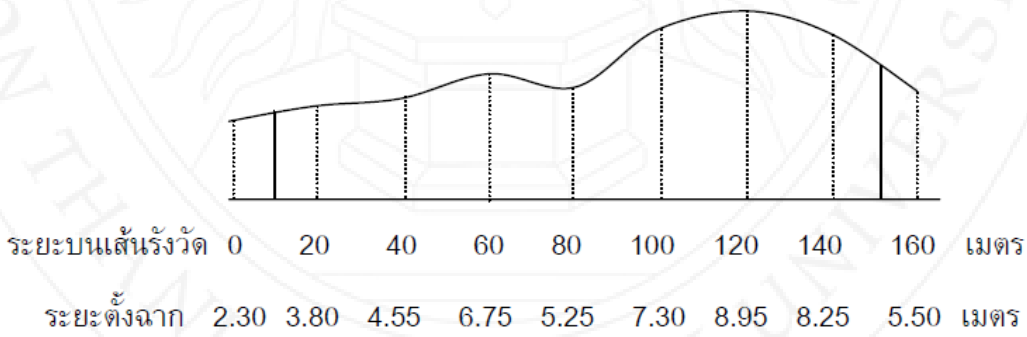
$$A = \frac{d}{3} \times [O_1 + 4(O_2 + O_4 + \cdots + O_{n-1}) + 2(O_3 + O_5 + \cdots + O_{n-2}) + O_n]$$

$$A = \frac{d}{3} \times (O_1 + 4\Sigma O'' + 2\Sigma O' + O_n)$$

เมื่อ O'' คือ ระยะตั้งฉากคู่ *(2,4,6,...n-1)*

O' คือ ระยะตั้งฉากคี่ *(1,3,5,...n-2)*

ตัวอย่าง 8.1 จากการวัดระยะตั้งฉากออกจากเส้นรังวัดไปยังแนวเขตที่ดิน ได้ข้อมูลระยะตั้งฉากช่วงละ *20* เมตร จงหาพื้นที่ระหว่างเส้นรังวัดกับแนวเขตที่



วิธี Mid-Ordinate Rule

$$A = (m_1 + m_2 + m_3 + \cdots + m_n) \times d$$

พื้นที่นับจากระยะ *10~150* ม. *= (3.8+4.55+6.75+5.25+7.30+8.95+8.25) x 20 = 897.0* ตารางเมตร

พื้นที่ช่วง *0 –10* ม. $= (2.30 + (3.80-2.30) \times \frac{1}{4}) \times 10$ *= 26.75* ตารางเมตร

พื้นที่ช่วง *150 –160* ม. $= (5.50 + (8.25-5.5) \times \frac{1}{4}) \times 10$ *= 31.88* ตารางเมตร

พื้นที่ทั้งหมด *= 897.0+26.75+31.88* *= 955.63* ตารางเมตร

วิธี Average Ordinate Rule

$$A = \frac{(O_1+O_2+O_3+\cdots+O_n}{n} \times D$$

$$= \frac{1}{9} \times (2.30+3.80+4.55+6.75+5.25+7.30+8.95+8.25+5.50) \times 160$$

= **936.0** ตารางเมตร

วิธี Trapetzoidal Rule

$$A = (\frac{O1+On}{2} + O2 + O3 + \cdots + O_{n-1}) \times d$$

$$= (\frac{2.30+5.50}{2} + 3.80+4.55+6.75+5.25+7.30+8.95+8.25) \times 20$$

= 975.0 ตารางเมตร

วิธี Simson's Rule

$$A = \frac{d}{3} \times (O_1 + 4\Sigma O'' + 2\Sigma O' + O_n)$$

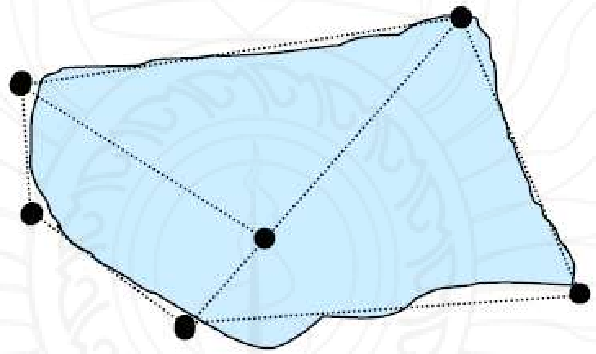
$$= \frac{20}{3} \times (2.30+4(3.80+6.75+7.30+8.25)+2(4.55+5.25+8.95)+5.50)$$

= 998.0 ตารางเมตร

8.2 การหาพื้นที่จากแผนผังหรือแผนที่

วิธีการหาพื้นที่จากแผนผังหรือแผนที่ โดยหลักการแล้วเหมือนกับการรังวัดในพื้นที่ เพียงแต่เปลี่ยนการวัดใน สนามเป็นการวัดบนแผ่นกระดาษ และอาจใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือช่วยในการหาพื้นที่โดยลดการคำนวณลง วิธีการหาพื้นที่อาจทำได้ดังนี้

8.2.1. แบ่งพื้นที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต โดยทั่วไปจะแบ่งพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้ ดินสอเขียนแบ่งพื้นที่บนแผนที่หรือใช้กระดาษไขวางทับแผนที่ก่อน แล้ววัดความยาวเส้นฐานและ ความสูงของรูปสามเหลี่ยมหรือวัดความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมทุกรูป ระวังการลืมวัดหรือวัดซ้ำ สำหรับด้านที่เป็นแนวโค้งแบบไม่สม่ำเสมอ ควรทำให้เป็นเส้นตรงโดยให้พื้นที่ที่เส้นตรงตัดผ่านเท่ากัน ทั้งสองด้าน

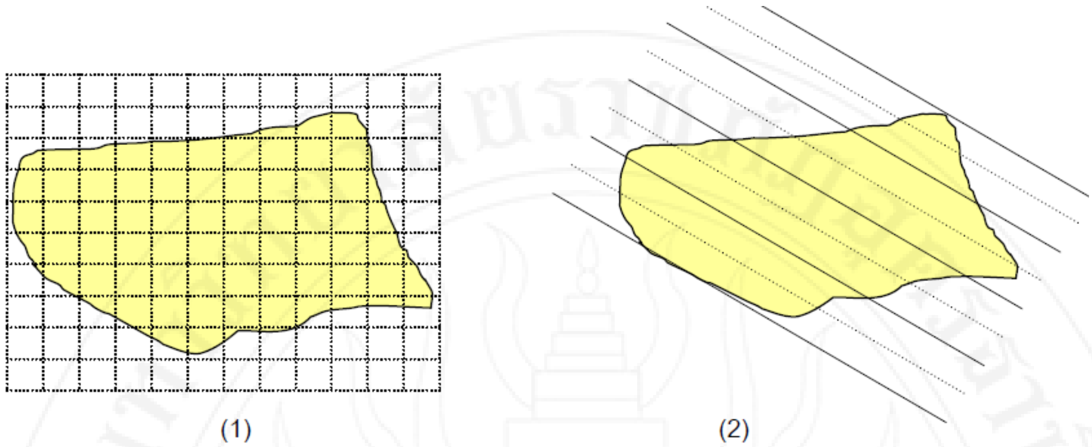


ภาพที่ 8.2 การแบ่งพื้นที่บนแผนที่

8.2.2. ใช้แผ่นใสทาบ แผ่นใสที่ใช้มี *2* ลักษณะคือ

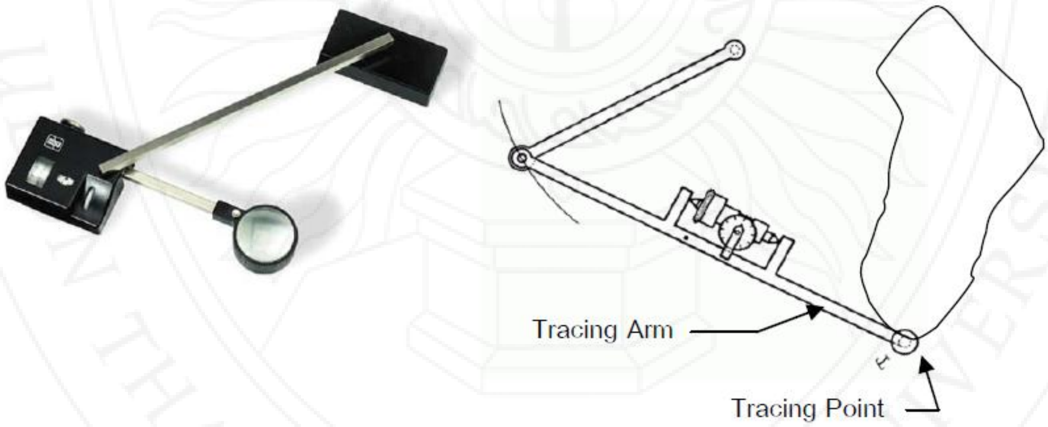
1) แผ่นใสตารางรูปสี่เหลี่ยม ใช้กระดาษไขหรือแผ่นใสที่มีเส้นตารางสี่เหลี่ยมทับบนแผนที่ นับจำนวนรูป สี่เหลี่ยมเต็ม และกะประมาณส่วนที่ไม่เต็มเป็นเศษส่วนของพื้นที่เต็ม เมื่อรวมจำนวนสี่เหลี่ยมทั้งหมดแล้ว คูณด้วยค่าพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม *1* รูปจะได้พื้นที่ทั้งหมด

2) แผ่นใสเส้นขนานใช้กระดาษไขหรือแผ่นใสที่มีเส้นตรงขนานกันและห่างเท่าๆกันระหว่างเส้นขนานมีเส้น แบ่งครึ่งช่องทำเป็นเส้นประ วางทับบนแผนที่ พยายามปรับทิศทางของกระดาษไขให้เส้นขนานคู่หนึ่ง สัมผัสกับแนวขอบพื้นที่พอดี วัดความยาวของเส้นประที่อยู่ในพื้นที่ทุกเส้น พื้นที่ระหว่างเส้นขนานคู่หนึ่ง คือผลคูณของความยาวเส้นประกับระยะห่างเส้นคู่ขนาน ฉะนั้นพื้นที่ทั้งหมดบนแผนที่เท่ากับผลบวกของ ความยาวของเส้นประคูณด้วยระยะห่างระหว่างเส้นขนานและพื้นที่บนพื้นดินเท่ากับพื้นที่บนแผนที่ คูณด้วยเลขมาตราส่วนยกกำลังสอง



ภาพที่ *8.3* การใช้แผ่นใสหาพื้นที่ (*1)* แบบตารางสี่เหลี่ยม *(2)* แบบเส้นขนาน

8.2.3. ใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ *(Planimeter)* เครื่องมือวัดพื้นที่เป็นเครื่องมือกลที่ใช้ในการวัดพื้นที่บนแผนที่ มี หลายรูปแบบแต่โดยหลักการมี *2* ชนิดคือ เครื่องวัดพื้นที่แบบจุดขั้ว *(Polar Planimeter)* และเครื่องวัด พื้นที่แบบล้อ *(Rolling Planimeter)* ทั้งสองชนิดมีส่วนประกอบที่เหมือนกันคือ มีจุดมองหรือหมุดเขียน สำหรับเลื่อนไปตามแนวเขตของพื้นที่ในแผนที่ และผลของการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนอันหนึ่งจะบันทึก จำนวนพื้นที่ไว้



ภาพที่ 8.4 ส่วนประกอบเครื่องมือวัดพื้นที่

วิธีใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) ปรับความยาวของแขนหมุดเขียน *(Tracing Arm)* ตามมาตราส่วนของแผนที่เพื่อให้ได้หน่วยพื้นที่ ที่ต้องการโดยไม่ต้องแปลงค่าภายหลัง

2) วางหมุดขั้วปักลงบนกระดาษแผนที่ภายนอกพื้นที่ที่จะวัด ให้จุดมอง *(Tracing Point)* สามารถ เคลื่อนที่คลุมพื้นที่ได้หมด

3) กำหนดจุดหนึ่งบนเส้นแนวเขตเป็นจุดเริ่มต้น แล้วนำจุดมองวางลงที่จุดนั้น อ่านตัวเลขที่หน้าปัทม์ ตัวเลขที่อ่านได้นี้เรียกว่า ค่าเริ่ม *(Initial Reading)* หรือตั้งให้เป็นศูนย์ก็ได้

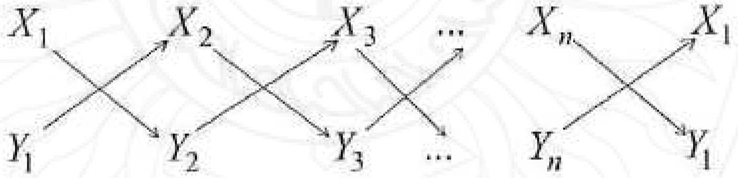
4) เคลื่อนที่จุดมองให้เดินตามแนวเส้นเขตของพื้นที่ไปตามเข็มนาฬิกา แล้วกลับมาวางไว้ที่จุดเริ่มต้น อ่านตัวเลขหน้าปัทม์ ตัวเลขที่อ่านได้เรียกว่า ค่าสุดท้าย *(Final Reading)*

5) หาผลต่างของค่าสุดท้ายกับค่าเริ่ม คือ ค่าอ่านพื้นที่ที่ต้องการ

8.3. การหาพื้นที่โดยใช้พิกัดฉากหรือระยะฉาก

พิกัดฉากคือค่าตำแหน่งทางราบอาจเป็นค่า พิกัดเหนือ-ตะวันออก (N,E) หรือพิกัด X,Y แต่งานสำรวจนิยมใช้ค่า พิกัดรูปแบบ N,E มากกว่า ส่วนระยะฉากหมายถึง ระยะเหนือ *(Lattitude)* และระยะตะวันออก *(Departure)* ตามที่เคยกล่าวมาแล้วในงานวงรอบ การหาพื้นที่โดยใช้พิกัดฉากและระยะฉาก เป็นการหาพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วย เส้นตรง หรือเป็นการหาพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม

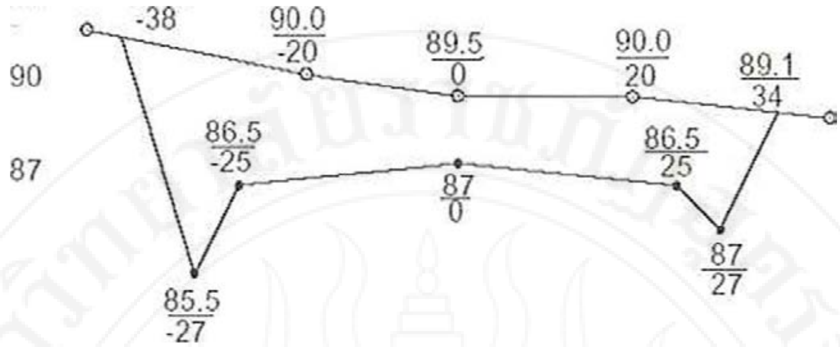
8.3.1. การคำนวณพื้นที่จากค่าพิกัดฉาก (N , E) วิธีการคำนวณพิสูจน์ได้จากการลากเส้นจากเหลี่ยมของรูปไป ตั้งฉากกับแกนอ้างอิง จะเป็นแกนเมอริเดียนหรือแกนขนาน (แกนที่ตั้งฉากกับเมอริเดียน) ก็ได้ พื้นที่ รูปเหลี่ยมจะเท่ากับผลบวกของรูปสี่เหลี่ยมคางหมูส่วนที่ทับพื้นที่นั้นลบด้วยสี่เหลี่ยมคางหมูที่อยู่นอกพื้นที่



$$A = \frac{1}{2}\left[(X_1Y_2 + X_2Y_3 + \ldots + X_nY_1) - (Y_1X_2 + Y_2X_3 + .. + Y_nX_1)\right]$$

การประยุกต์ใช้งานสามารถประยุกต์ใช้กับค่าระยะฉากและค่าระดับ เช่น รูปตัดผิวถนนที่ออกแบบกับผิวดินเดิม เช่น

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY



พื้นที่หน้าตัด คำนวณจากสมการ

$$A = \frac{1}{2}\left[87(25-25) + 86.5\big(0-(-27)\big) + 85.5\big(-25-(-38)\big) + \right.$$

$$= 91.2\big(-27-(-20)\big) + 90(-38-0) + 89.5(-20-20)$$

$$\left. = +90(0-34) + 89.1(20.27) + 85.5(34-25) + 86.5(27-0)\right]$$

$$A = \left|\frac{-405.9}{2}\right|$$

= 202.959 ตารางเมตร

ตัวอย่าง 8.2 จากข้อมูลการปรับแก้งานวงรอบ ได้ค่า *Lattitude, Departure* หลังการปรับแก้และค่าพิกัดของหมุดวงรอบดังตาราง จงหาพื้นที่ของวงรอบ

จุด	*Lat*	*Dep*	*N*	*E*
A			*200.00*	*300.00*
	78.02	*-38.30*		
B			*278.02*	*261.70*
	-46.80	*-180.04*		
C			*231.22*	*81.66*
	-211.55	*58.74*		
D			*19.67*	*140.40*
	61.86	*1.85*		
E			*81.53*	*142.25*
	118.47	*157.75*		
A			*200.00*	*300.00*
	0.00	*0.00*		

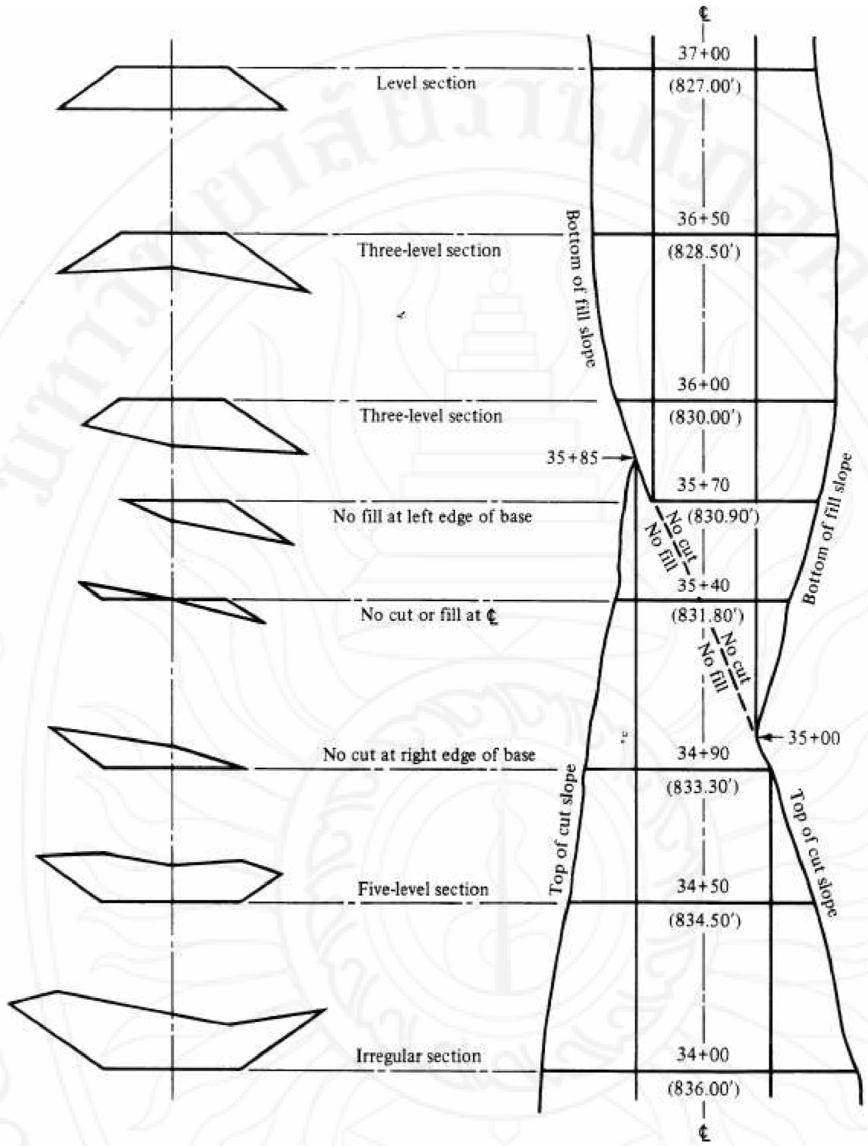
คำนวณจากค่าพิกัดได้ดังนี้

จุด	N	E	↘	↗
A	200.00	300.00		83406.00
B	278.02	261.70	52340.00	60510.28
C	231.22	81.66	22703.11	1606.25
D	19.67	140.40	32463.29	11446.81
E	81.53	142.25	2798.06	28450.00
A	200.00	300.00	24459.00	
			134763.46	185419.34

พื้นที่วงรอบ = $\frac{1}{2}[(134763.46 - 185419.34)] = 25327.94$ ตารางเมตร

8.4. การหาพื้นที่จากรูปตัด

การหาพื้นที่ของรูปตัดโดยทั่วไปมีจุดประสงค์เพื่อหาปริมาตรงานดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานก่อสร้างทางต้อง คำนวณปริมาตรงานดินขุดหรือดินถมเพื่อการคิดราคางานหรือการจ่ายค่าก่อสร้าง ทำให้ต้องรังวัดรูปตัดขวาง แนวทางจำนวนมาก เช่น รังวัดรูปตัดขวางทุกๆ 25 เมตรตลอดแนวทาง จากข้อมูลการรังวัดทำให้รู้ลักษณะของ พื้นดินและแบบก่อสร้างจะกำหนดรูปตัดถนนที่ต้องการ ทำให้สามารถหาได้ว่าแต่ละช่วงของรูปตัดต้องทำงานขุด หรือถมดิน และพื้นที่รูปตัดของงานดินนั้นมีขนาดเท่าใด อันนำไปสู่การหาปริมาตรงานดิน รูปตัดงานถนนมี หลายรูปแบบอาจเป็น รูปตัดงานถม รูปตัดงานขุด และรูปตัดที่มีทั้งงานขุดงานถม



ภาพที่ 8.5 รูปหน้าตัดงานดินของการก่อสร้างถนน

(ที่มา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ , 2552)

การหาพื้นที่รูปตัดทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้มากคือ

1) นำข้อมูลการรังวัดเขียนรูปตัดลักษณะพื้นดินแล้วซ้อนทับด้วยรูปตัดถนนตามแบบก่อสร้าง ทำให้ได้รูปตัดของงานดิน และหาพื้นที่รูปตัดงานดินตามวิธีที่ในหัวข้อ 2 คือ

ก) ใช้เครื่องวัดพื้นที่วัดรูปตัดของงานดิน

ข) ใช้แผ่นใสเส้นขนานทาบรูปตัดของงานดิน

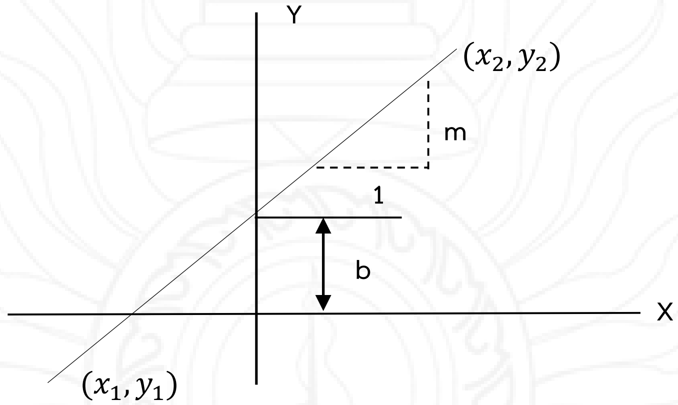
ค) ใช้วิธีวัดระยะตั้งฉากบนรูปตัดที่เขียนขึ้นโดยแบ่งรูปตัดงานดินเป็นช่องๆแล้วคำนวณพื้นที่จาก ระยะตั้งฉากเหมือนกับวิธีหัวข้อ 1.2 แต่เป็นการวัดระยะตั้งฉากบนแบบเท่านั้น

2) คำนวณด้วยสูตรทางเรขาคณิต สูตรการคำนวณจะเปลี่ยนแปลงขึ้นกับรูปทรงของรูปตัด ฉะนั้นจะมีสูตร ได้มากมาย จึงไม่แนะนำให้จำสูตรไปใช้เพราะมีโอกาสที่นำไปใช้ผิดมาก แต่ขอแนะนำหลักการสำหรับ การคำนวณเพื่อหาพื้นที่รูปตัดดังนี้

ก) สมการพื้นฐานที่ใช้คำนวณเป็นสมการเส้นตรง คือ

General line equation $y = mx + b$

Two-point line equation $(y_2 - y_1)x - (x_2 - x_1)y = x_1y_2 - x_2y_1$



ข) ใส่แกนอ้างอิงที่จุดตัดของแนวระดับศูนย์ กับแนวกลางถนน

ค) ใส่ค่าพิกัด (x , y) ที่จุดตัดหรือจุดมุมทั้งหมด

ง) หาพิกัด (x , y) ของจุดตัดระหว่างผิวดินเดิมกับส่วนของถนนทุกจุด โดยตั้งสมการจากสมการ เส้นตรงในข้อ ก)

จ) หาพื้นที่จากค่าพิกัด x , y หรือคำนวณโดยแบ่งเป็นรูปทรงทางเรขาคณิตก็ได้

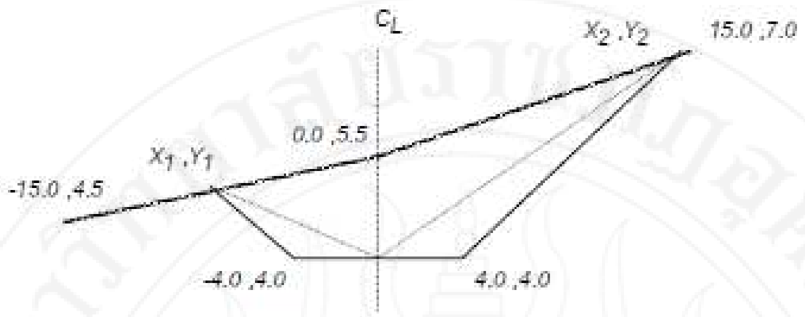
ตัวอย่างที่ 8.3 จงคำนวณพื้นที่รูปตัดขวางจากข้อมูลการทำระดับดังนี้

ระยะจากแนวศูนย์กลาง	*-15*	*0*	*15*
ค่าระดับ	*4.5*	*5.5*	*7.0*

กำหนดให้ ความกว้างของผิวถนน = *8.0* เมตร

ระดับของผิวถนน = *4.0* เมตร

ความลาดด้านข้าง = *2:1 (ราบ:ดิ่ง)*



สร้างสมการจาก *General line equation* $y = mx + b$

$$Y_1 = \frac{1}{15}X_1 + 5.5 \quad \text{.........................} \quad (1)$$

$$Y_1 = -\frac{1}{2}X_1 + 2.0 \quad \text{.........................} \quad (2)$$

จากสมการ *(1)* และ *(2)* แก้สมการได้ *X1 = -6.176* และ *Y1 = 5.088*

$$Y_2 = \frac{1.5}{15}X_2 + 5.5 \quad \text{.........................} \quad (3)$$

$$Y_2 = \frac{1}{2}X_2 + 2.0 \quad \text{.........................} \quad (4)$$

จากสมการ *(3)* และ *(4)* แก้สมการได้ *X2 = 8.75* และ *Y2 = 6.375*

พื้นที่รูปตัด $= \frac{1}{2}(4 \times 1.088 + 1.5 \times 6.176 + 1.5 \times 8.75 + 4 \times 2.375$

$= \frac{1}{2} \times 36.24$

$= 18.12$ ตารางเมตร

8.5. สรุปท้ายบท

การหาพื้นที่และปริมาตรมีความจำเป็นในการออกแบบก่อสร้าง จากจัดสรรที่ดิน โดยการหาพื้นที่ปริมาตรที่ต้องอาศัยข้อมูลในสนาม และจากแบบของสิ่งก่อสร้าง การหาพื้นที่และปริมาตรจากข้อมูลในสนามแบ่งเป็น 3 ประเภท คือจากรูปสามเหลี่ยม รูปหลายเหลี่ยม และพื้นที่ซึ่งมีแนวขอบเขตไม่แน่นอน ส่วนการหาพื้นที่ปริมาตรจากแบบจะอาศัยการสร้างรูปและใช้เครื่องมือช่วย ในส่วนของพื้นที่ซึ่งมีขอบเขตเป็นเส้นตรงและเส้นไม่สม่ำเสมอมีวิธีการคำนวณ 4 วิธีคือ ใช้ความสูงกึ่งกลาง เฉลี่ยความสูง สี่เหลี่ยมคางหมู และซิมสัน การหาพื้นที่ปริมาตรจากค่าพิกัดฉากใช้กับพื้นที่รูปสามเหลี่ยมโดยแต่ละจุดจะมีพิกัดในแกน X และ Y

แบบฝึกหักท้ายบท

1. สามเหลี่ยมรูปหนึ่งมีมุม A = 53°45′ ด้าน a และ c ยาว 1 เมตร และ 0.8 เมตร ตามลำดับ จงหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมนี้

2. จากการสำรวจพื้นที่แห่งหนึ่ง โดยแบ่งความกว้างออกเป็นส่วนเท่าๆกันทุก 15 เมตร โดยมีข้อมูลของเส้นขอบเขตที่ไม่สม่ำเสมอดังตาราง

ความสูง(ม.)	0	2.65	3.80	3.75	4.65	3.60	4.95	5.85
ระยะทาง(ม.)	0	15	30	45	60	75	90	105

จงคำนวณหาพื้นที่โดยวิธีต่อไปนี้

(1) วิธีสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal rule)

(2) วิธีซิมสัน (Simson’s rule)

3. จงคำนวณหาพื้นที่รูปปิดซึ่งมีข้อมูลดังตาราง

ด้าน	ละติจูด(ม.)		ดีพาร์ทเจอร์(ม.)	
	N	S	E	W
AB	150.8	-	200.5	-
BC	-	250.5	155.6	-
CD	-	120.5	-	200.8
DA	220.5	-	-	150.3

เอกสารอ้างอิง

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด (ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอคทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S K Duggal . 2008 . **Surveying** (volume 1) . 2 nd . Tata McGraw – Hill , New delhi

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 9

การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง

หัวข้อเนื้อหา

การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง

9.1 การวางผังอาคาร

9.2 การวางตำแหน่งเสาเข็มและให้ระดับผัง

9.3 การกำหนดตำแหน่งอาคารทางสูงและการตรวจสอบ

9.4 การให้ระดับอาคาร

9.5 การวางฝังอาคารด้วยกล้องวัดมุม

9.6 การให้ระดับเพื่องานก่อสร้าง

9.7 Grade elevation หรือ formation level หรือระดับก่อสร้าง

9.8 สรุปท้ายบท

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความรู้และทักษะดังนี้

1. อธิบายการวางผังอาคารได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายการวางตำแหน่งเสาเข็มและให้ระดับผังได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายการการกำหนดตำแหน่งอาคารทางสูงและการตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบายการให้ระดับอาคารได้อย่างถูกต้อง
5. สามารถนำเอาการวางผังอาคารด้วยกล้องวัดมุมไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง
6. อธิบายการให้ระดับงานก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

วิธีสอนและกิจกรรม

1. ชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหา และเกณฑ์การให้คะแนนรายวิชา
2. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบเอกสารประกอบการสอนและรูปภาพ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในแต่ละหัวข้อและเสนอแนวความคิด ก่อนข้ามหัวข้อนั้น
4. ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียน สอบถามผู้เรียนถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัย และสรุปเนื้อหาประจำบท
5. มอบหมายให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน และกำหนดวันส่ง
6. ชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนในครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนไปศึกษาก่อนล่วงหน้า
7. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน
8. แบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตามใบงานที่ได้มอบหมาย และกาหนดวันส่งรายงาน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อเอกสารประกอบการสอนอิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. แบบฝึกหัดท้ายบท
7. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล

1. ประเมินจากความตรงต่อเวลาของนักศึกษาในการส่งงานและเข้าเรียน
2. ประเมินจากการซักถาม-ตอบคำถาม
3. ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบท
4. ประเมินจากผลการสอบย่อย

การประเมินผล

1. จากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จตามเวลา
2. ทำใบงานถูกต้องและครบสมบูรณ์
3. ทำแบบฝึกหัดมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

บทที่ 9 การสำรวจเพื่องานก่อสร้าง

(Survey for Construction)

9.1 การวางผังอาคาร

ในการจัดการวางผังให้ดีและถูกต้อง จะต้องจัดหาข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการวางผังให้ครบถ้วน แล้วจึงกำหนดขอบเขตผังอาคารและตำแหน่งเสา ต่อจากนั้น ก็ต้องกำหนดหาความลึกของฐานราก และกำหนดตำแหน่งของอาคารทางสูง พร้อมทั้งวิธีการตรวจสอบทุกขั้นตอนของการก่อสร้าง โดยเฉพาะอาคารที่สูงหลายชั้น

9.1.1 การตรวจสอบและจัดหาข้อมูลก่อนเริ่มงาน

ก่อนที่จะเริ่มงานก่อสร้างทุกประเภท งานที่สำคัญประการแรกคือ การสำรวจตรวจสอบผังบริเวณให้ตรงกับแบบที่กำหนด ซึ่งรวมถึงขนาดของเนื้อที่ ขอบเขตของอาคารที่จะก่อสร้าง ระดับของฐานรากที่กำหนด การกำหนดจุดบังคับ ทั้งทางราบและทางดิ่ง มีวิธีการตรวจสอบดังนี้คือ

1) การตรวจสอบผังบริเวณที่จะก่อสร้าง

โดยทั่วไปสถาปนิกจะกำหนดตำแหน่งของอาคารไว้ในแบบแผนผังบริเวณ(Site Plan) ซึ่งจะแสดงขอบเขตทั้งหมดและตำแหน่งของอาคารที่จะปลูกสร้างดังนั้น ข้อมูลที่จะต้องทราบจากแบบผังบริเวณก่อนเริ่มงานวางผังได้แก่ระยะความกว้าง ความยาวทั้งหมดของตัวอาคาร ตำแหน่งของอาคารบนพื้นที่ดิน เช่น ระยะห่างจากเขตที่ดินโดยรอบหรือจากอาคารข้างเคียงที่ปลูกอยู่ในพื้นที่ดินนั้น เป็นต้นระดับของอาคารชั้นล่าง โดยทั่วไปมักจะเปรียบเทียบไว้กับจุดใดจุดหนึ่งเช่น ถนนสาธารณะ หรืออาคารข้างเคียงนอกจากนี้ในแบบผังบริเวณ อาจจะแสดงตำแหน่งของท่อระบายน้ำสาธารณะ ท่อเมนประปา แนวสายไฟฟ้า อาคารที่มีอยู่แล้วบนพื้นที่ดินเดิมและระดับดินถมระดับถนนภายในบริเวณ

2) การตรวจสอบขนาดของเนื้อที่ดิน

ก่อนที่จะเริ่มงานวางผัง จะต้องมีการตรวจสอบขนาดของพื้นที่จริง เพื่อให้ทราบว่าตรงตามเนื้อที่ดินที่กำหนดไว้ในแบบผังบริเวณหรือไม่(ในการทำงานที่ถูกต้องการจัดทำและออกแบบอาคารขั้นต้น จะต้องทำการรังวัดเนื้อที่จริงก่อน ไม่ควรขยายเนื้อที่จากโฉนดที่ดิน น.ส.3 หรือ น.ส. 3 ก)

3) การตรวจสอบหาระดับพื้นดินเดิม

โดยทั่วไปหมุดหลักฐานการระดับ (Bench Mark) จะกำหนดให้เป็นความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง แต่ในงานก่อสร้างอาคารโดยทั่วๆไปจะกำหนดระดับเป็น10.000 ม. หรือ 100.000 ม. ไว้ ณ ที่ใดที่หนึ่ง เช่น ถนนสาธารณะ หรือกับอาคารข้างเคียงการหาระดับดินเดิมก็

เปรียบเทียบกับหมุดหลักฐานที่กำหนดให้โดยวิธีการถ่ายระดับแบบต่อเนื่อง (Differential Levelling) โดยช่างสำรวจที่ชำนาญงาน

4) การกำหนดจุดบังคับทางราบและทางดิ่ง

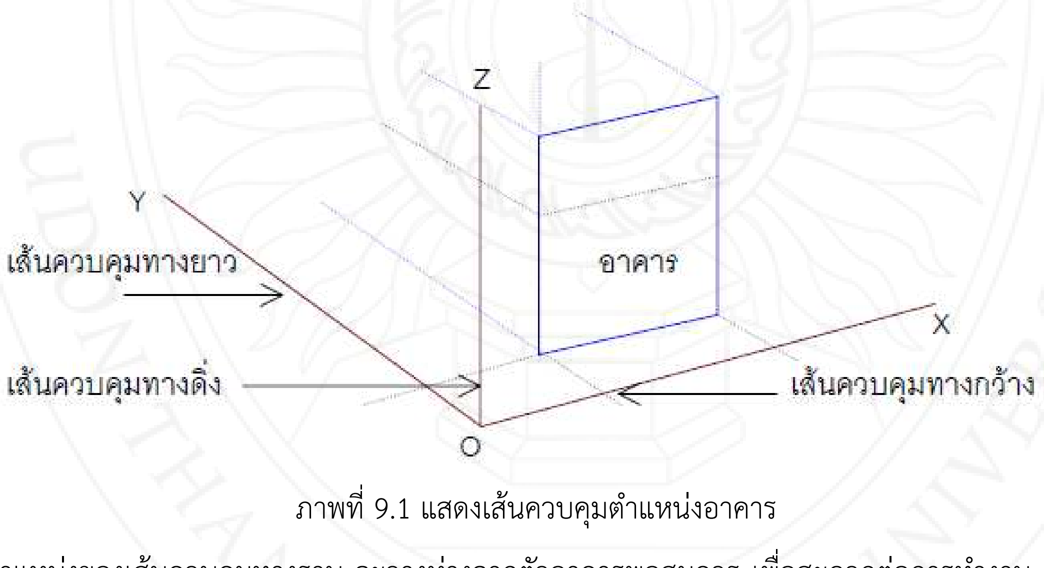
การสร้างหมุดจะต้องอยู่ส่วนหนึ่งส่วนใดของบริเวณงาน ที่จะสะดวกต่อการตรวจสอบและจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรงไม่กีดขวางการขนย้ายวัสดุและควรมีมากกว่า3 หมุด

9.1.2. การกำหนดขอบเขตผังอาคารและตำแหน่งศูนย์เสา

การกำหนดตำแหน่งอาคารทางราบให้ตรงตามรูปแบบเป็นงานที่สำคัญมากการวางตำแหน่งผิดพลาด การแก้ไขภายหลัง จะกระทำได้ยาก หรือกระทำไม่ได้เลยความละเอียดถูกต้อง เป็นสิ่งที่ต้องยึดถือเป็นหลักในการปฏิบัติงาน รวมทั้งการตรวจสอบจะต้องกระทำควบคู่กันไปกับการปฏิบัติทุกครั้งวิธีการกำหนดตำแหน่งหรืองานผังอาคาร อาจจะเลือกปฏิบัติหลายวิธีตามลักษณะของงานรวมทั้งความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ จะต้องพิจารณาเลือกวิธีให้เหมาะสมกับงานนั้นๆ เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการทำงาน มีหลายวิธีดังนี้คือ

1) เส้นควบคุมตำแหน่งอาคาร

เส้นควบคุมการก่อสร้างอาคารมีอยู่ 3 เส้นคือ เส้นควบคุมทางกว้าง ทางยาวและทางดิ่ง (สูง)

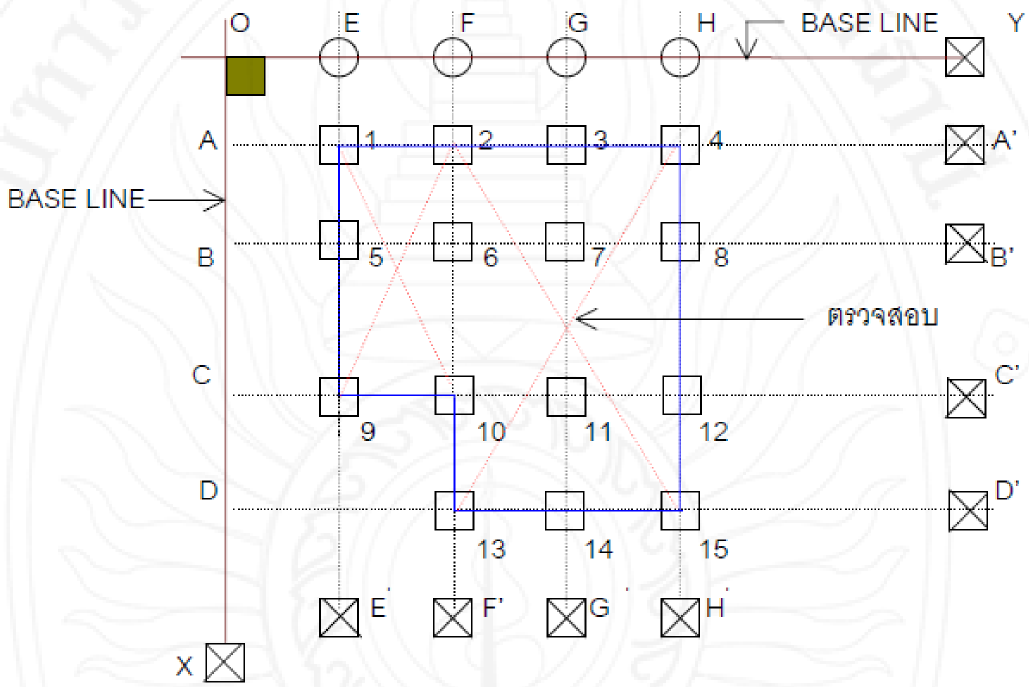


ภาพที่ 9.1 แสดงเส้นควบคุมตำแหน่งอาคาร

ตำแหน่งของเส้นควบคุมทางราบ จะวางห่างจากตัวอาคารพอสมควร เพื่อสะดวกต่อการทำงาน และอาจจะกำหนดเส้นควบคุมทางราบสำรองเพิ่ม เพื่อสะดวกต่อการตรวจสอบขณะก่อสร้าง ส่วนเส้นควบคุมทางดิ่งเพื่อใช้กำหนดระดับความสูงของอาคาร จะกำหนดเป็นระดับอ้างอิงไว้ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น

2) การวางผังอาคารด้วยวิธีวางเส้นฐาน (BASE LINE)

การกำหนดตำแหน่งอาคารขนาดใหญ่ที่สะดวกต่อการปฏิบัติวิธีหนึ่งคือ การวางเส้นฐาน โดยการกำหนดเส้นฐานขึ้นอย่างน้อย 2 เส้นให้ตั้งฉากกัน เพื่อใช้เป็นเส้นควบคุมทางราบของผังอาคาร แนวเส้นอาคารหรือแนวเสาอาคารจะได้รับการถ่ายทอดออกจากเส้นฐานนี้ การกำหนดเส้นฐานควรกำหนดให้ห่างจากแนวอาคารมากพอสมควรที่จะไม่ถูกรบกวนขณะก่อสร้าง

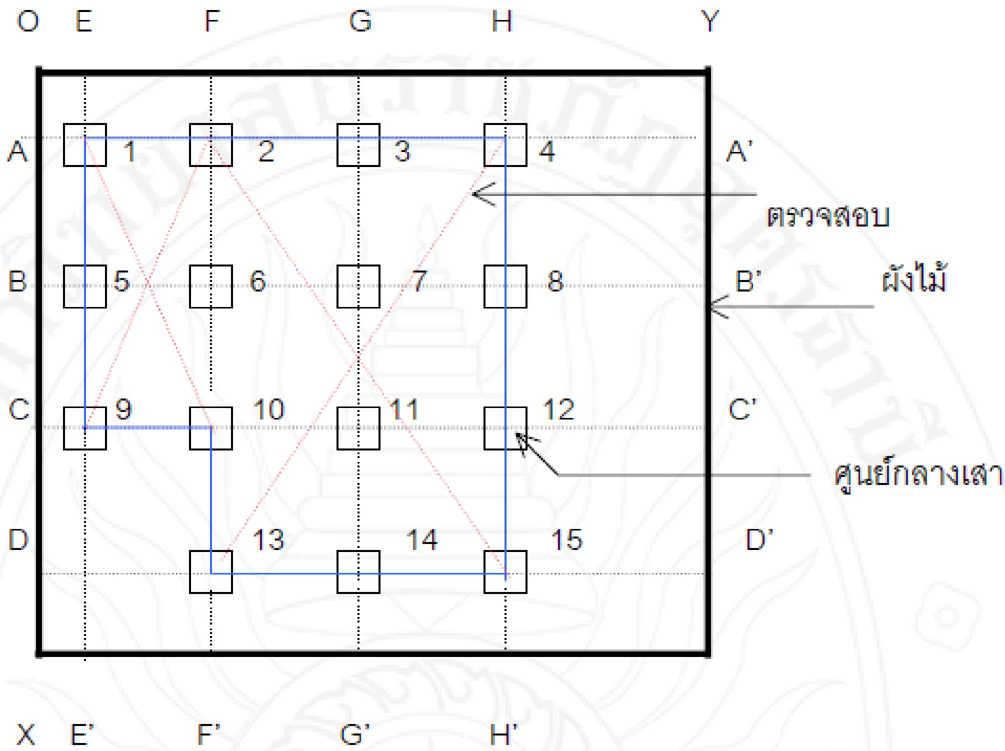


ภาพที่ 9.2 แสดงการวางผังอาคารด้วยวิธีการวางเส้นฐาน

XO และ YO เป็นเส้นฐาน ตั้งฉากกันที่จุด Oจุด A,B,C,D เป็นตำแหน่งแนวเสาอาคารที่มีระยะห่างตามที่กำหนดไว้ตามแปลนฐานรากบนเส้น XO จุด E,F,G,H เป็นตำแหน่งแนวเสาอาคารที่มีระยะห่างตามที่กำหนดไว้ตามแปลนฐานรากบนเส้น YOการวัดระยะจะต้องใช้เทปเหล็กและการวัดมุมด้วยกล้องวัดมุม จะต้องทำการตรวจสอบโดยวัดด้านทะแยงมุมตำแหน่ง 1-15 คือ ตำแหน่งแนวศูนย์กลางเสาจุด A,B,C,D,E,F,G,H กำหนดโดยตะปูขนาดเล็กบนหมุดไม้ หมุดไม้ขนาด1.5x1.5 นิ้วตอกแน่นและมีไม้ปักล้อมรอบ 3-4 ด้านที่หัวและท้ายเส้น A,B,C,D,E,F,G,H ควรจะทำป้ายเพื่อบอกให้ทราบว่าเป็นตำแหน่งใด

3) การวางผังด้วยวิธีการสร้างไม้ผัง (BATTER BOARDS)

เป็นการสร้างรั้วไม้ล้อมรอบบริเวณผังอาคารที่จะทำการก่อสร้าง โดยที่ตัวรั้วจะทำหน้าที่เป็นกรอบเหมือนเส้นฐาน และที่บนกรอบรั้วจะมีระดับเท่ากันโดยใช้ระดับน้ำหรือสายยางบรรจุน้ำเป็นตัวกำหนดระดับ การวัดระยะใช้เทปเหล็กหรือเทปผ้า ไม้ที่ใช้ทำผังโดยทั่วไปขนาด 2 x 31 1 นิ้ว สูงจากพื้นประมาณ 50 ซม.



ภาพที่ 9.3 แสดงตารางวางผังด้วยวิธีสร้างไม้ผัง

(1). วางแนวตอกหลักไม้ตามแนว XO ให้ได้ระดับห่างจากแนวเสาที่จะก่อสร้างประมาณ 3 ม.

(2). วางแนวตอกหลักไม้ตามแนว YO ให้ตั้งฉากกับแนว XO และให้ได้ระดับแนวเสาที่จะก่อสร้างประมาณ 3 ม. เช่นกัน

(3). ด้านที่เหลืออีกสองด้านปฏิบัติทำนองเดียวกัน

(4). กำหนดระยะห่างของแนวศูนย์กลางเสาแต่ละแนวบนผังไม้ และตอกตะปูแสดงตำแหน่งไว้

(5). การหาตำแหน่งศูนย์กลางเสาให้ใช้เอ็นขนาดเล็กขึงระหว่างจุดปลายแถวที่ตอกตะปูไว้แล้วใช้ลูกดิ่งทิ้งที่จุดที่เอ็นตัดกัน ใช้หมุดไม้ตอก ณ ตำแหน่งที่ลูกดิ่งปักพื้นก็จะได้ศูนย์กลางเสา

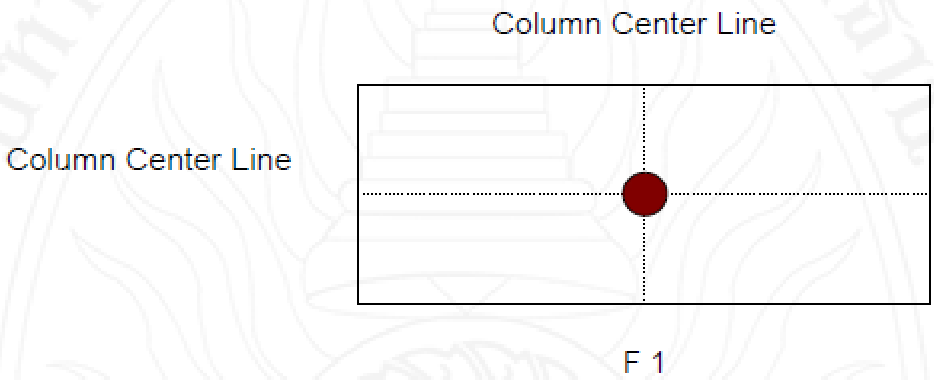
(6). ทำการตรวจสอบระยะห่างของหมุดไม้ด้วยเส้นทะแยงมุม

(7). ระดับก่อสร้างให้ใช้ระดับอ้างอิงที่ไม้ผังเพื่อถ่ายทอดไปยังระดับต่าง ๆ ต่อไป

9.2 การวางตำแหน่งเสาเข็มและให้ระดับผัง

9.2.1 การวางตำแหน่งเสา

การกำหนดตำแหน่งของฐานราก ที่บนแนวระดับช่วงเสา จะเป็นตำแหน่งของเสาเข็ม 1 ต้น 5 ต้น 7 ต้น 9 ต้น 11 ต้น เหล่านี้เป็นต้น ซึ่งถ้ามีเสาเข็มเพียง 1 ต้น ตำแหน่งก็จะอยู่ที่เดียวกันกับตำแหน่งของศูนย์กลาง ดังรูป



ภาพที่ 9.4 การกำหนดตำแหน่งฐานราก

ส่วนเสาเข็มตั้งแต่ 2 ต้นขึ้นไปจะต้องมีการจัดเสาเข็มที่ใช้เป็นเสาเข็มกลุ่ม มีเทคนิคในการจัดเสาเข็มดังนี้

1). เสาเข็มจะต้องไม่อยู่ห่างกันมากหรือกระจายตัวมาก เพราะจะต้องทำฐานคอนกรีตรัดหัวเสาเข็มกว้างเกินไป ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและอาจมีปัญหาทางด้านการก่อสร้างด้วย

2). เสาเข็มจะต้องไม่อยู่ชิดกันเกินไป จะทำให้ตอกเสาเข็มยากและทำให้กระเปาะของแรงดันดินรอบเสาเข็มทับกัน ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักของเสาเข็มลดลง หรือสูญหายไปตามปริมาณของพื้นที่ที่กระเปาะของแรงดันดินทับกัน

3). กลุ่มของเสาเข็มที่ตอกลงในชั้นดิน จะต้องจัดให้อยู่ในตำแหน่งที่ซึ่งมีระยะห่างเท่าๆกันในทุกทิศทาง โดยทั่วไปนิยมให้มีระยะห่างของเสาเข็มแต่ละต้นจากศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง ให้เท่ากับ s ซึ่งจะเท่ากับ 3 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม

9.3 การกำหนดตำแหน่งอาคารทางสูงและการตรวจสอบ

การกำหนดตำแหน่งทางสูงของอาคารถือว่าเป็นงานส่วนหนึ่งของการกำหนดตำแหน่งของอาคารให้ครบทั้ง 3 มิติ การกำหนดระยะและการตรวจสอบ เป็นงานที่ปฏิบัติได้ค่อนข้างยาก แต่งานนี้มีส่วนสัมพันธ์กับงานโครงสร้างส่วนอื่นๆ โดยเฉพาะอาคารที่มีความสูงมากๆหรืองานที่ต้องการความ

ละเอียดถูกต้องเป็นพิเศษ ถือว่าเป็นงานที่มีความสำคัญอย่างมากการกำหนดและตรวจสอบความสูงของอาคารมีวิธีปฏิบัติได้หลายวิธีเช่นกัน ดังนั้นควรเลือกวิธีที่เหมาะสมกับงานนั้น ๆความสูงของอาคารที่ถูกต้อง ประกอบด้วยความสูงจากระดับพื้นแต่ละชั้น ตามที่กำหนด ในอาคารทางสูงเป็นงานที่สำคัญงานหนึ่ง ที่ผู้ปฏิบัติมักจะละเลย และมีสิ่งที่ผิดพลาดได้ง่าย เนื่องจากไม่สามารถกำหนดแนวอ้างอิงทางสูงได้ชัดเจน ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงจำเป็นจะต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญ เพื่อที่จะเลือกใช้วิธีการและเทคนิคต่างๆ ที่จะทำให้งานควบคุมความสูงของอาคาร เป็นไปอย่างถูกต้องและต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง

งานควบคุมแนวอาคารทางสูงบางประเภท ที่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูง เช่นอาคารโครงเหล็กอาคารประเภทที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป ควรจะต้องใช้เครื่องมือพิเศษและช่างมีความชำนาญโดยเฉพาะ โดยทั่วไปงานก่อสร้างที่ส่วนที่อยู่เหนือดินขึ้นไป มีการตรวจสอบดังนี้

9.3.1. การกำหนดความสูงของระดับพื้นอาคาร

โดยทั่วไปการปฏิบัติงานสนามของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ความสูงของพื้นอาคารจะกำหนดได้ดังนี้

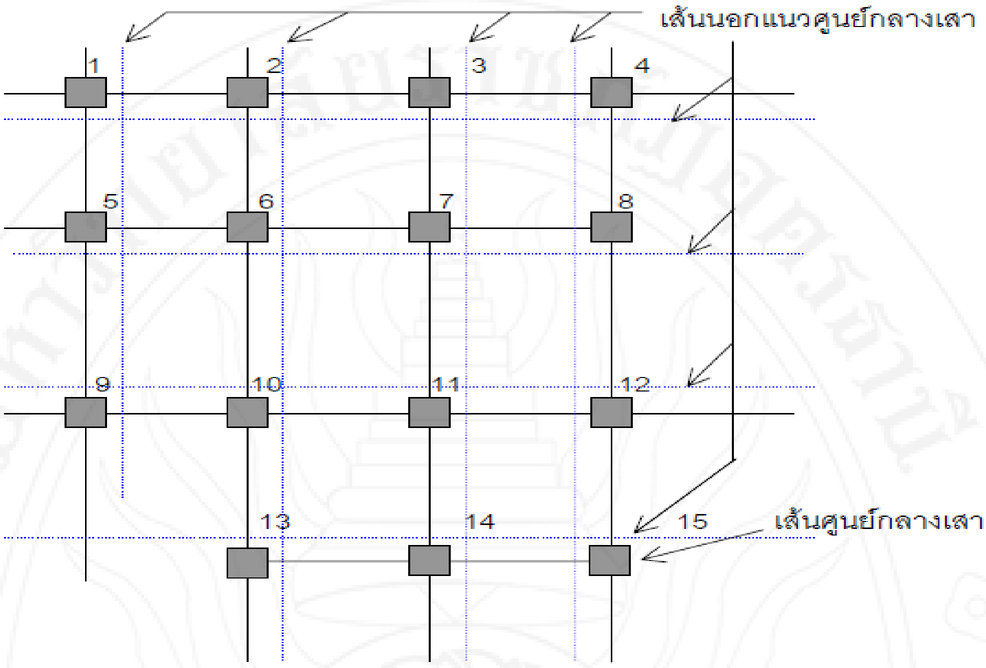
ประการแรก ช่างไม้ประกอบแบบหล่อจะกำหนดความสูงของแบบหล่อเสารับพื้นขั้นต้น โดยวัดระยะจากระดับคอนกรีตที่หล่อเสร็จแล้วถึงยอดเสา หรือระดับท้องคานรับพื้นชั้นเหนือขึ้นไป ซึ่งจะหักความลึกของคานออกจากความสูงของระดับพื้น (หมายถึงพื้นที่ตกแต่งแล้ว ถ้าใช้วัสดุปูพื้นที่แตกต่างกัน อาจมีส่วนทำให้งานกำหนดระดับความสูงผิดได้ง่าย ความผิดพลาดนี้อาจไม่เสียหายมากนัก แต่จะไปปรากฏที่บันไดส่วนที่ติดกับพื้น) และตรวจสอบแนวดิ่งด้วยระดับน้ำไปพร้อมกัน

9.3.2. การตรวจสอบระดับพื้นอาคาร

การตรวจสอบระดับพื้นอาคาร ควรจะต้องตรวจสอบ 2 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบระดับของแบบหล่อคานและของพื้น และเมื่อติดตั้งเหล็กเสริมแล้วควรมีการกำหนดระดับแบบของพื้นคอนกรีตที่จะหล่อต่อไปการกำหนดระดับความสูงเหนือพื้น เช่น ระดับของวงกบหน้าต่าง ให้กำหนดระดับไว้ที่ผิวของเสาคอนกรีตด้านนอกและที่เสาภายในบางต้น เพื่อสะดวกแก่ช่างก่ออิฐหรือช่างติดตั้งหน้าต่างนอกจากนี้ยังใช้ในการตรวจสอบการทรุดตัวของเสาด้วย

9.3.3. การกำหนดและตรวจสอบแนวศูนย์กลางเสา

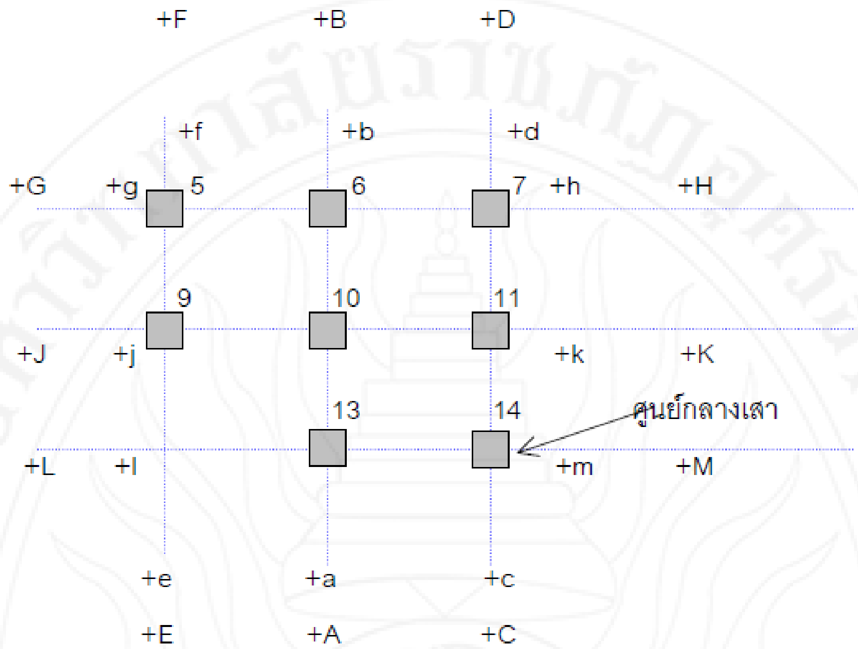
แนวศูนย์กลางเสาทุกต้นของพื้นทุกชั้น จะได้รับการวัดและตรวจสอบในขณะที่ติดตั้งเหล็กเสริมและแบบหล่อเสาสำหรับคอนกรีตเสริมเหล็ก วิธีปฏิบัติอาจเลือกได้ตามความละเอียดที่ต้องการโดยทั่วไปใช้กล้องวัดมุมในการส่องกำหนดแนวศูนย์กลางเสา ที่ระดับพื้นคอนกรีต ส่วนการติดตั้งเหล็กเสริมและแบบหล่อจะใช้ระดับน้ำหรือแขวนลูกดิ่งตรวจสอบ วิธีนี้ค่อนข้างหยาบ ควรใช้กล้องตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง โดยมีวิธีการปฏิบัติดังภาพนี้



ภาพที่ 9.5 การกำหนดแนวนอกศูนย์กลางเสาเพื่อใช้กำหนดแนวศูนย์กลางเสา

9.3.4. การตรวจสอบแนวดิ่งของอาคาร

การตรวจสอบแนวดิ่งมีวิธีการตรวจสอบที่นิยมใช้กันคือ การตรวจสอบแนวดิ่งรวมเป็นครั้งคราวที่มุมอาคาร หรือช่องทะลุระหว่างชั้น (เจาะไว้โดยเฉพาะหรือช่องลิฟท์ ช่องบันได) โดยวิธีทิ้งสายดิ่ง หรือใช้กล้องส่องดิ่งโดยเฉพาะ (Optical Plumbing Equipment) หรือจะใช้วิธีสร้างเส้นควบคุมแนวดิ่งโดยการใช้กล้องวัดมุม

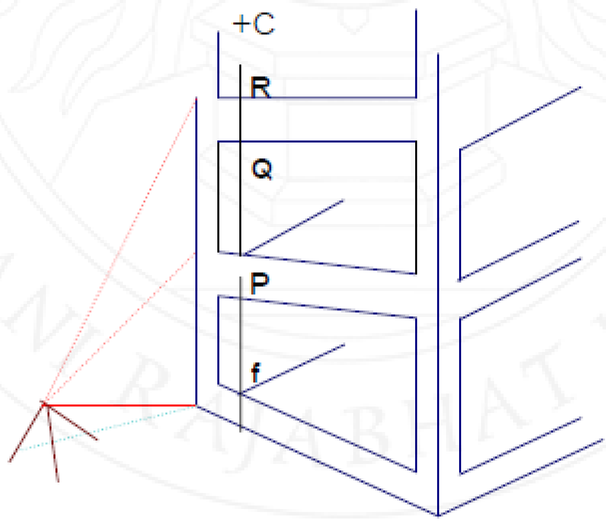


ภาพที่ 9.6 จุดตรวจสอบแนวดิ่งของอาคาร

- จุด A,B,C,D,E,F,G,H,J,K,L,M, เป็นจุดตั้งกล้อง

- จุด a,b,c,d,e,f,g,h,l,k,l,m. เป็นจุด Back Sight

- จุด P,Q,R เป็นจุดที่อยู่ที่ขอบพื้นแต่ละชั้นและถือว่าเป็นจุดที่อยู่ในเส้นควบคุมแนวดิ่งที่จะใช้ตรวจสอบแนวศูนย์เสา

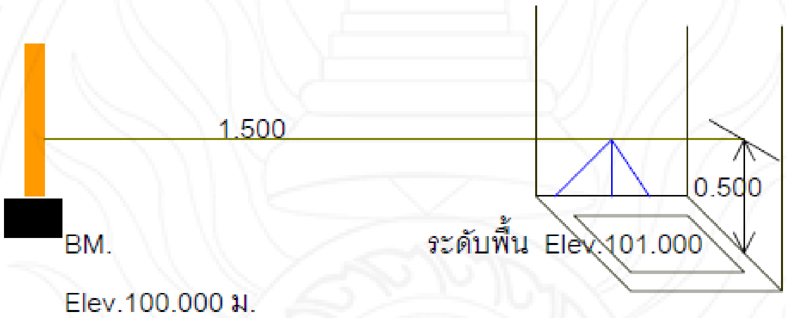


ภาพที่ 9.7 จุดตรวจสอบแนวดิ่งของอาคาร

9.4 การให้ระดับอาคาร

การถ่ายระดับสามารถทำได้โดยการใช้เทปวัดออกจากค่าระดับที่ทำเครื่องหมายไว้การให้ระดับจะให้ไว้ที่ปล่องลิฟท์ ตามเสา อีกวิธีคือการถ่ายระดับด้วยกล้องระดับขึ้นไปตามบันไดที่ก่อสร้างกำหนดค่าก็เหมือนกับการทำระดับทั่วไป การส่องกล้องจะสะดวกรวดเร็วและให้ค่าถูกต้องสามารถใช้กำหนดท้องคาน ด้านบนคานหรือความโค้งของคาน ความหนาของพื้นได้

การกำหนดระดับพื้น



ภาพที่ 9.8 การให้ระดับอาคาร

วิธีที่ 1

1. ตั้งกล้องส่อง BS. ไปยังหมุด BM. สมมติในที่นี้ BS. = 1.500 ม. ค่าระดับของ BM. = 100.000 ม. ∴ HI.=100.000 +1.500 =101.500

2. ส่องกล้องไปยังผนัง ใช้ดินสอเป็นเป้าล่อ แนวที่ได้จะมีค่าระดับ = HI.=101.500

3. เอาค่า HI. ตั้ง ลบด้วยค่าระดับพื้น จะได้เท่ากับ 101.500 - 101.000 = 0.500 ม. ใช้เทปวัดระยะ วัดแนวดินสอลงมา 0.500 ม. ก็จะได้ระดับตามต้องการ (เทปวัดระยะต้องอยู่ในแนวดิ่ง)

วิธีที่ 2

จาก HI. ของกล้อง = 101.500 ม.

Elev. พื้นที่ต้องการ = 101.000 ม.

จากสูตร HI. − FS. = Elev. ∴ FS. = HI. - Elev. = 101.50 -101.00 = 0.500

เมื่อคำนวณค่า FS. = 0.500 ม. นำไม้วัดระดับไปทาบกับผนังเลื่อนไม้วัดระดับ ขึ้น-ลง จนกว่าสายใยกล้องจะตัดไม้วัดระดับที่ 0.500 จะเป็นค่าระดับพื้นที่ต้องการ

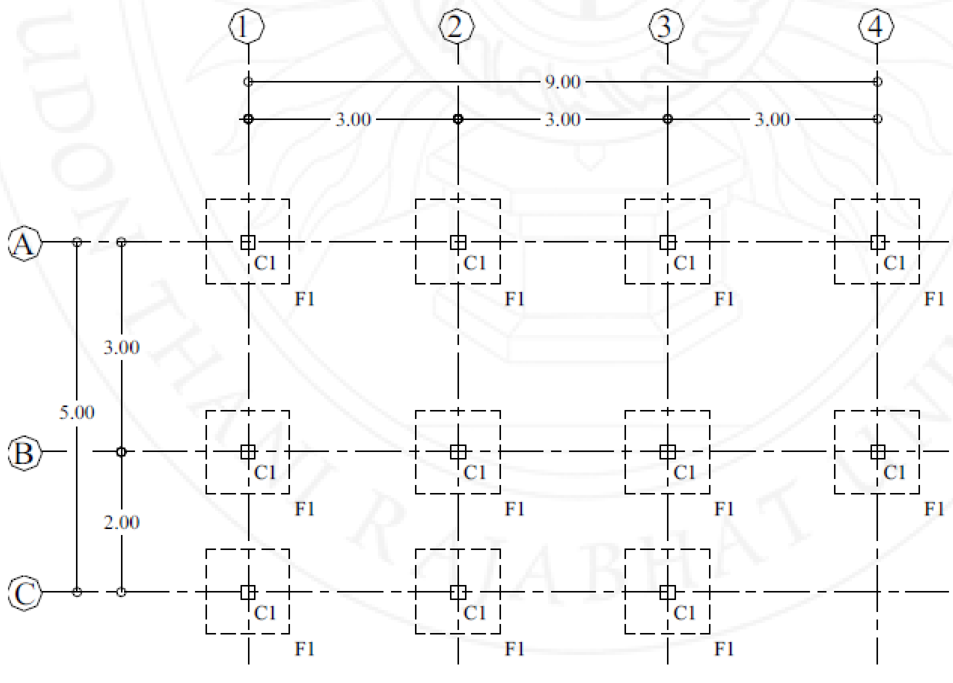
9.5 การวางฝังอาคารด้วยกล้องวัดมุม

การวางผังอาคารเป็นการกำหนดตำแหน่งรูปอาคารในแนวระนาบของพืนที่ เพื่อแสดงตำแหน่งของเสาเข็ม ฐานราก และเสา ดังนันความถูกต้องและความแม่นยำของตำแหน่งผังอาคาร จึงมีความสำคัญมาก การใช้กล้องวัดมุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยให้ การกำหนดตำแหน่งของเสาเข็ม ฐานราก เสา มีความถูกต้องเป็นที่ยอมรับคันทั่วไป

กล้องวัดมุมแบบอิเล็กทรอนิกส์สามารถกำหนดค่ามุมฉากหรือค่ามุมราบได้ถึง 360 องศา แสดงผลบนจอภาพผนึกเหลวเป็นตัวเลข ใช้วัสดุและแรงงานในการวางผังอาคารน้อยกว่าวิธีการ วางผังอาคารแบบผังนอน สามารถนำไปใช้กับการวางผังอาคารที่มีขนาดพืนที่ใช้สอยขนาดเล็กถึง ขนาดกลาง

9.5.1 การกำหนดตำแหน่งฐานราก

การออกแบบฐานรากเดี่ยวนิยมออกแบบฐานรากรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือฐานราก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากมีความประหยัดวัสดุก่อสร้างและสะดวกต่อการปฏิบัติงาน ซึ่งตำแหน่ง จุดกึ่งกลางของฐานรากรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้ากับตำแหน่งจุดกึ่งกลางของเสา เป็นตำแหน่งเดียวกัน การกำหนดตำแหน่งฐานรากเดี่ยวจึงเป็นการกำหนดตำแหน่งเสา ไปโดยปริยาย จากแปลนฐานราก ดังภาพที่ 9.8 สามารถกำหนดตำแหน่งฐานรากด้วยกล้องวัดมุม แบบอิเล็กทรอนิกส์ มีขั้นตอนดังนี

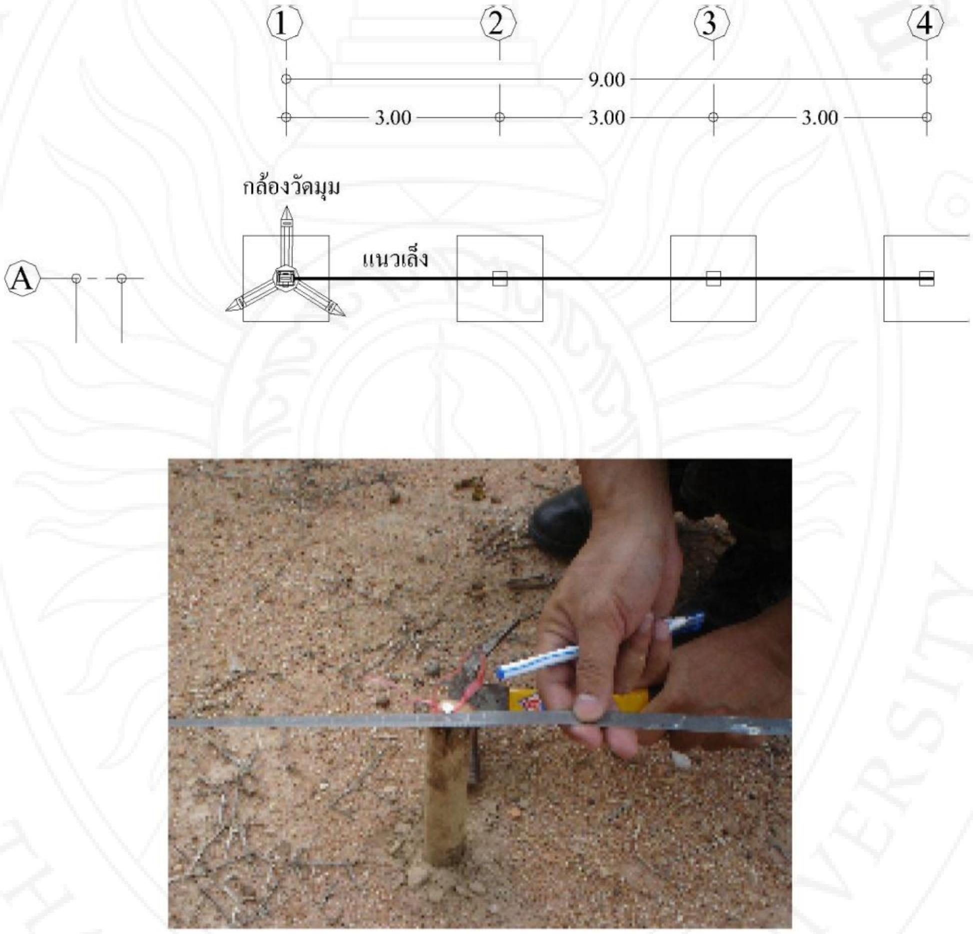


ภาพที่ 9.9 แปลนฐานราก

1) พิจารณาระยะร่นจากแบบก่อสร้างประกอบการวางผังอาคาร เพื่อกำหนดค่าระยะตำแหน่ง A1 และ A4 โดยการตอกหมุดไม้และตะปูลงบนหมุดไม้ในพื้นที่ก่อสร้าง

2) ตั้งกล้องวัดมุมคร่อมบนสถานี A1 ทำการปรับระดับน่าฟองกลม ปรับระดับน่าฟองยาว ตรวจสอบความเที่ยงตรงของสถานีดังกล้องวัดมุม และที่แป้นกำหนดหน้าที่ กดปูม Power

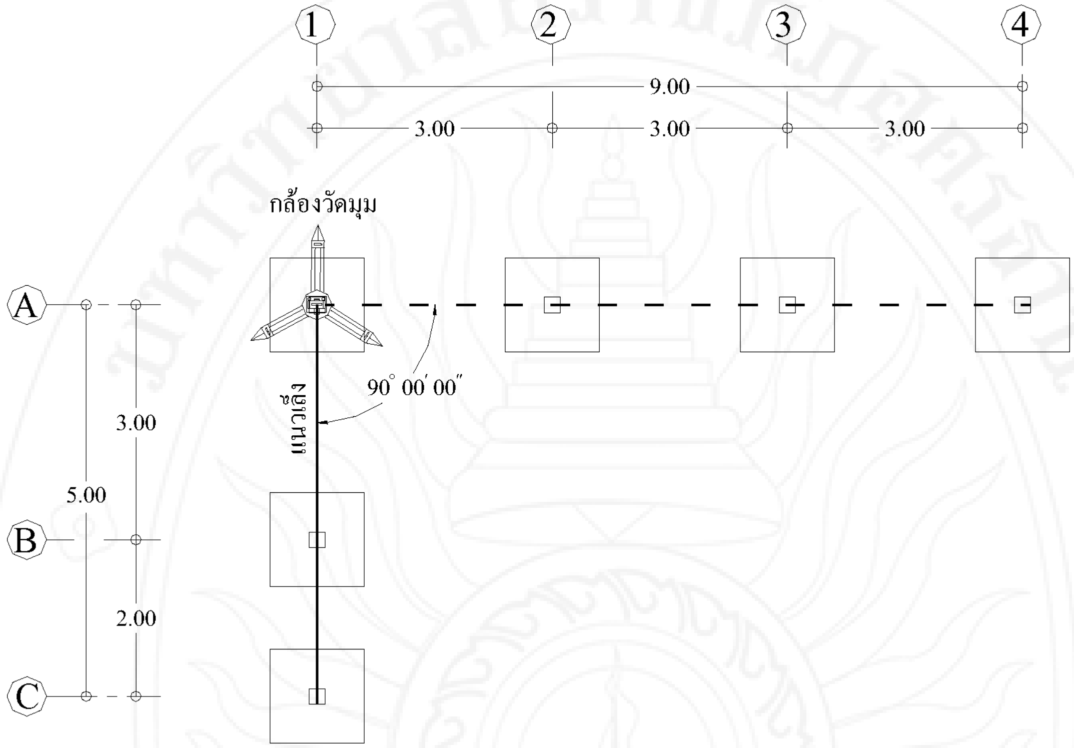
3) หมุนกล้องวัดมุมเล็งไปที่สถานี A4 หมุนสกรูปรับล็อกค่ามุมราบให้ตรง กับแนวเล็ง A4 ที่แป้นกำหนดหน้าที่กดปูม OSet ปรับดังค่ามุมราบเริ่มต้นเท่ากับ 0°00'oo" น่าเทป วัดระยะทางสแตนเลสวัดระยะทางจากสถานี A1 ถึงสถานี A4 ตามแนวเล็งของกล้องวัดมุมทำการ ตอกหมุดไม้และตะปูลงบนหมุดไม้ ที่ระยะทาง 3.00 6.00 และ 9.00 เมตร เป็นค่าพิกัด A2 A3 และ A4 ดังภาพที่ 9.10



ภาพที่ 9.10 เทปวัดระยะทางสแตนเลสกำหนดตำแหน่งตอกหมุดไม้

4) ที่แป้นกำหนดหน้าที่กดปูม R/L กำหนดให้วัดค่ามุมราบเวียนขวา (หน้าจอภาพผนึกเหลว ปรากฏอักษร HR) หมุนสกรูคลายล็อกค่ามุมราบ หมุนกล้องวัดมุมตามเข็ม นาฬิกา กำหนดแนวเล็งที่ค่ามุมราบเท่ากับ 90°00'oo" หมุนสกรูล็อกค่ามุมราบ น่าเทปวัดระยะทาง สแตนเลสวัดระยะทางจาก

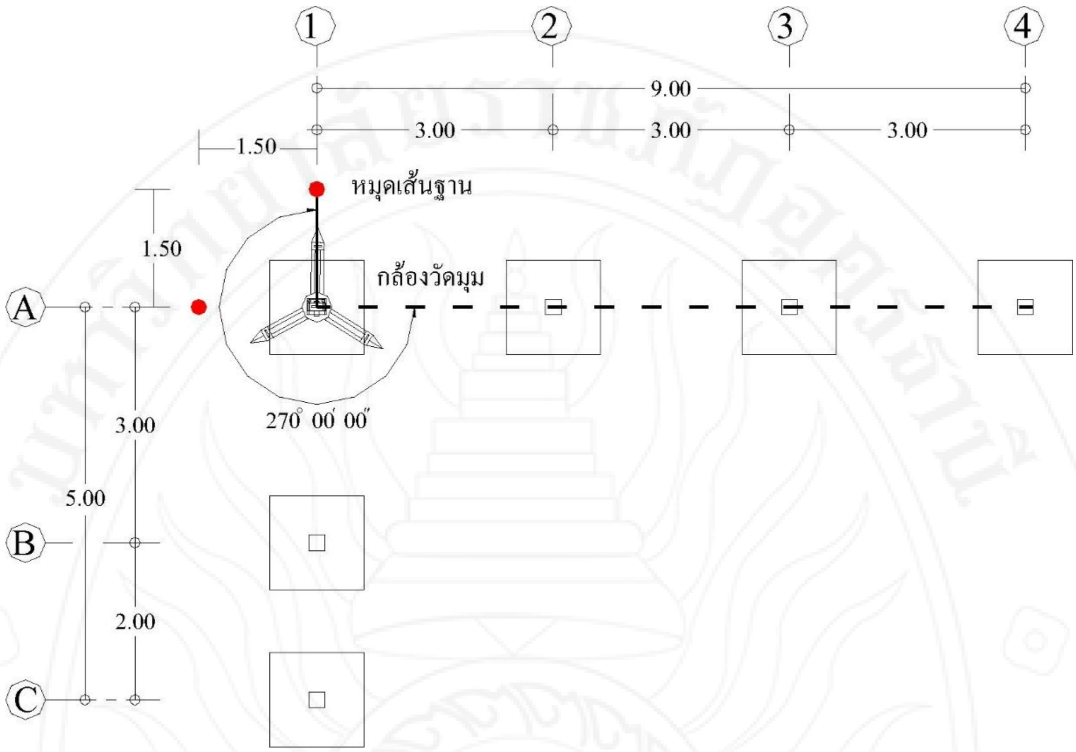
สถานี A1 ตามแนวเล็งของกล้องวัดมุม ทำการตอกหมุดไม้และตะปูลง บนหมุดไม้ที่ระยะทาง 3.00 และ 5.00 เมตร เป็นค่าพิกัด B1 และ C1 ดังภาพที่ 9.10



ภาพที่ 9.11 แนวเล็งกล้องวัดมุมจากสถานี A1 ถึงสถานี C1

5) หมุนสกรูคลายล็อกค่ามุมราบ หมุนกล้องวัดมุมตามเข็มนาฬิกา กำหนดให้ แนวเล็งมีค่ามุมราบเท่าอับ 180°00'00" หมุนสกรูล็อกค่ามุมราบ น่าเทปวัดระยะทาง สแตนเลสจากสถานี A1 ตามแนวเล็งของกล้องวัดมุมทำการตอกหมุดไม้และตะปูลงบนหมุดไม้ที่ ระยะทาง1.50 เมตรเป็นหมุดเส้นฐาน(กำหนดให้ปากหลุมฐานรากมีขนาดกว้าง1.20เมตร)

6) หมุนสกรูคลายล็อกค่ามุมราบ หมุนกล้องวัดมุมตามเข็มนาฬิกา กำหนดให้แนวเล็งมีค่ามุมราบเท่าอับ 270°00'00" หมุนสกรูล็อกค่ามุมราบ น่าเทปวัดระยะทางสแตนเลสจากสถานี A1 ตามแนวเล็งของกล้องวัดมุมทำการตอกหมุดไม้และตะปูลงบนหมุดไม้ที่ ระยะทาง 1.50 เมตรเป็นหมุดเส้นฐาน ดังภาพที่ 9.10 และ 9.11

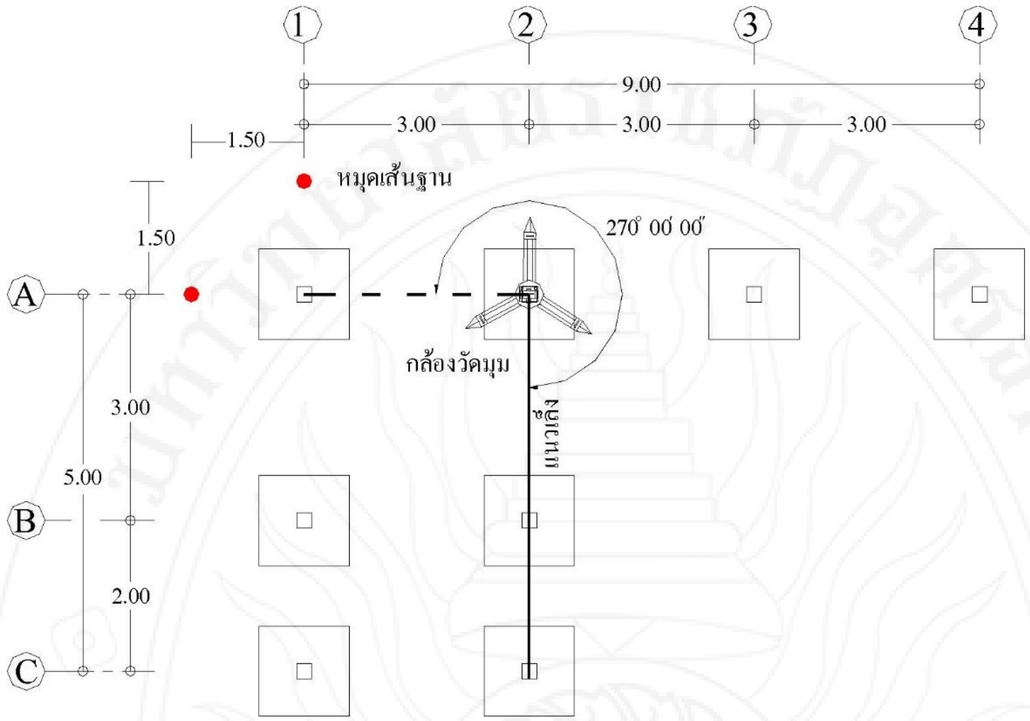




ภาพที่ 9.12 วัดระยะทางตามแนวเล็งของกล้องวัดมุม

7) ย้ายกล้องวัดมุมไปตั้งคร่อมบนสถานี A2 ทำการปรับระดับน่าฟองกลม ปรับระดับน่าฟองยาว หมุนกล้องวัดมุมเล็งไปที่สถานี A1 หมุนสกรูปรับล็อกค่ามุมราบ และที่แป้น กำหนดหน้าที่กดปูม O-Set ปรับดังค่ามุมราบเริ่มต้นเท่ากับ 0°00'00"

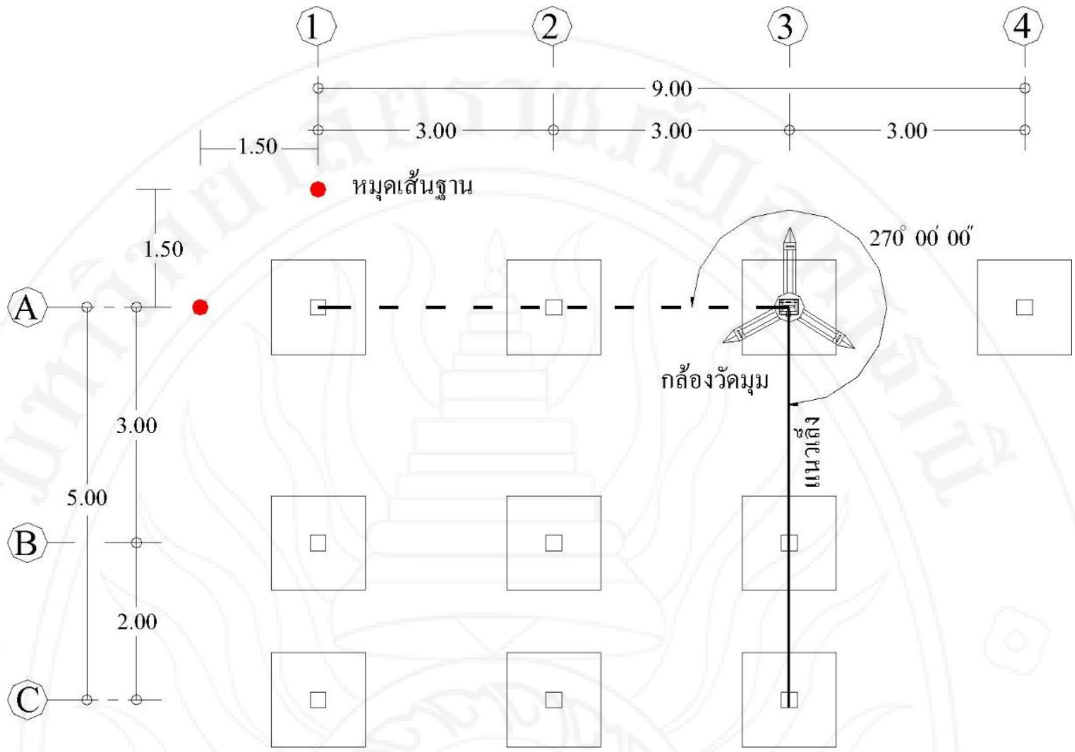
8) หมุนสกรูคลายล็อกค่ามุมราบ หมุนกล้องวัดมุมตามเข็มนาฬิกา กำหนดให้แนวเล็งมีค่ามุมราบเท่ากับ 270°00'oo" หมุนสกรูล็อกค่ามุมราบ น่าเทปวัดระยะทาง สแตนเลสจากสถานี A2 ตามแนวเล็งของกล้องวัดมุมท่าการตอกหมุดไม้และตะปูลงบนหมุดไม้ ที่ระยะทาง 3.00 และ 5.00 เมตร เป็นค่าพิกัด B2 และ C2 ดังภาพที่ 9.12



ภาพที่ 9.13 แนวเล็งกล้องวัดมุมจากสถานี A2 ถึงสถานี C2

9) ย้ายกล้องวัดมุมไปตั้งคร่อมบนสถานี A3 ทำการปรับระดับน้ำฟองกลม ปรับระดับน้ำฟองยาว หมุนกล้องวัดมุมเล็งไปที่สถานี A1 หมุนสกรูปรับล็อกค่ามุมราบ และที่แป้น กำหนดหน้าที่กดปูม O-Set ปรับตั้งค่ามุมราบเริ่มต้นเท่ากับ 0°00'00"

11) หมุนสกรูคลายล็อกค่ามุมราบ หมุนกล้องวัดมุมตามเข็มนาฬิกา กำหนด แนวเล็งมีค่ามุมราบเท่ากับ 270°00'00" หมุนสกรูล็อกค่ามุมราบ นำเทปวัดระยะทางสแตนเลส จากสถานี A3 ตามแนวเล็งของกล้องวัดมุมทำการตอกหมุดไม้และตะปูลงบนหมุดไม้ที่ระยะทาง 3.00 และ 5.00 เมตร เป็นค่าพิกัด B3 และ C3 ดังภาพที่ 9.14

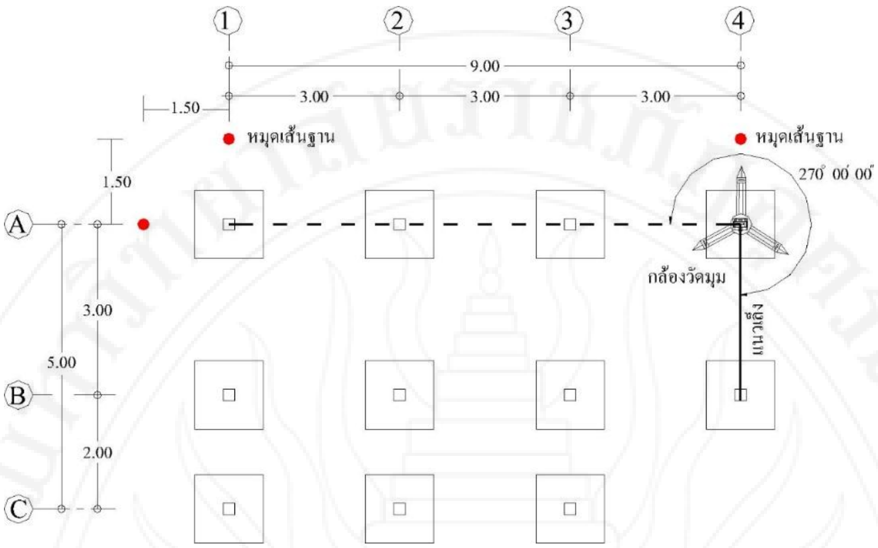


ภาพที่ 9.14 แนวเล็งกล้องวัดมุมจากสถานี A3 ถึงสถานี C3

12) ย้ายกล้องวัดมุมไปตั้งคร่อมบนสถานี A4 ทำการปรับระดับน่าฟองกลม ปรับระดับน่าฟองยาว หมุนกล้องวัดมุมเล็งไปที่สถานี A1 หมุนสกรูปรับล็อกค่ามุมราบ และที่แป้น กำหนดหน้าที่กดปูม O-Set ปรับดังค่ามุมราบเริ่มต้นเท่ากับ 0°00'00"

13) หมุนสกรูคลายล็อกค่ามุมราบ หมุนกล้องวัดมุมตามเข็มนาฬิกา กำหนดให้แนวเล็งมีค่ามุมราบเท่ากับ 90°00'00" หมุนสกรูล็อกค่ามุมราบ น่าเทปวัดระยะทาง สแตนเลสจากสถานี A4 ตามแนวเล็งของกล้องวัดมุมทำการตอกหมุดไม้และตะปูลงบนหมุดไม้ที่ ระยะทาง 1.50 เมตร เป็นหมุดเส้นฐาน

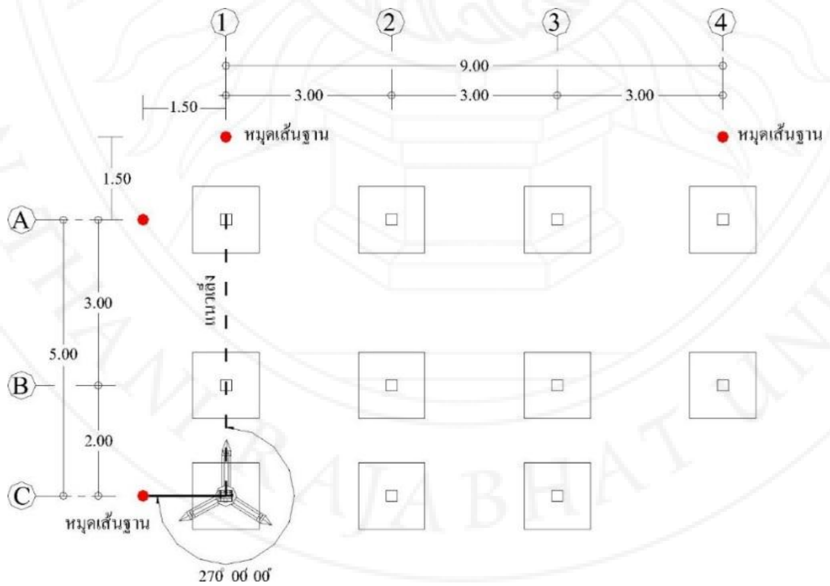
14) หมุนสกรูคลายล็อกค่ามุมราบ หมุนกล้องวัดมุมตามเข็มนาฬิกา กำหนด แนวเล็งมีค่ามุมราบเท่ากับ 270°00'00" หมุนสกรูล็อกค่ามุมราบ น่าเทปวัดระยะทางสแตนเลส จากสถานี A4 ตามแนวเล็งของกล้องวัดมุมทำการตอกหมุดไม้และตะปูลงบนหมุดไม้ที่ระยะทาง 3.00 เมตร เป็นค่าพิกัด B4 ดังภาพที่ 9.13



ภาพที่ 9.15 แนวเล็งกล้องวัดมุมจากสถานี A4 ถึงสถานี B4

15) ย้ายกล้องวัดมุมไปตั้งคร่อมบนสถานี C1 ทำการปรับระดับน่าฟองกลม ปรับระดับน่าฟองยาว หมุนกล้องวัดมุมเล็งไปที่สถานี A1 หมุนสกรูปรับล็อกค่ามุมราบ และที่แป้น กำหนดหน้าที่กดปูม O-Set ปรับดังค่ามุมราบเริ่มต้นเท่ากับ 0°00'00"

16) หมุนสกรูคลายล็อกค่ามุมราบ หมุนกล้องวัดมุมตามเข็มนาฬิกา กำหนดให้แนวเล็งมีค่ามุมราบเท่ากับ 270°00'00" หมุนสกรูล็อกค่ามุมราบ น่าเทปวัดระยะทาง สแตนเลสจากสถานี C1 ตามแนวเล็งของกล้องวัดมุมท่าการตอกหมุดไม้และตะปูลงบนหมุดไม้ที่ ระยะทาง 1.50 เมตร เป็นหมุดเส้นฐาน ดังภาพที่ 9.16

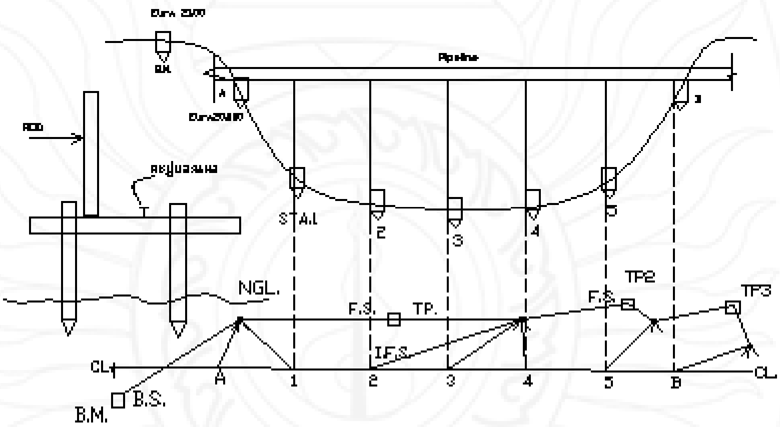


ภาพที่ 9.16 แนวเล็งกล้องวัดมุมจากสถานี C1 ถึงหมุด

9.6 การให้ระดับเพื่องานก่อสร้าง (การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง,ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย,84)

การให้ระดับเพื่องานก่อสร้าง เป็นการสารวจเพื่อการก่อสร้าง ซึ่งมีความสาคัญต่องานก่อสร้างอย่างมาก เพื่อให้งานก่อสร้างเป็นไปตามแบบที่กาหนด ดังนั้นผู้ทาการก่อสร้างต้องมีความเข้าใจอย่างถูกต้อง โดยทั่วไปจะต้องถ่ายค่าระดับ BM และปรับแก้ค่าระดับเสียก่อน จึงนำค่าระดับไปใช้กำหนดงานก่อสร้าง

ตัวอย่าง 9.1 ต้องการวางท่อน้าจากจุด A ไป B ซึ่งผ่านพื้นที่แอ่งกระทะ จึงจาเป็นต้องสร้าง Support รองรับทุก ๆ 4 เมตร โดยให้มีระดับเท่ากันทุกจุด สมมุติให้ จุด A และ B มีระดับเท่ากับ 20 เมตร ซึ่งค่า Elev. สมมุติ และจากการทาระดับ Stake ได้ดังตารางข้างล่าง จงคานวณ Stake ไปยังด้านบนของ Support ของทุก Stake เพื่อการตั้งค่า Support (การทาระดับทำหลังจากาการวางแนวเรียบร้อยแล้ว)



ภาพที่ 9.17 แสดงรูปตัวอย่างการส่องค่า IFS และ FS

ตารางที่ 9.1 Profile leveling for pipe line

STA	B.S.	H.I.	I.F.S	F.S	ELEV.	REMK.
BM	0.917	21.917			21.00	*ค่าระดับสมมติ
A			1.917		20.00	*ต้องเลื่อน staff ให้อ่านได้
Sta1			2.846		19.071	1.917 เพราะต้องการฝัง
TP1	1.120	20.104		2.933	18.984	ท่อที่ระดับ20.000 ม.
Sta2			2.579		17.525	
Sta3			2.680		17.424	
Sta4			2.464		17.640	ระยะแต่ละ sta ห่างกัน 4 ม

ตารางที่ 9.1(ต่อ) Profile leveling for pipe line

STA	B.S.	H.I.	I.F.S	F.S	ELEV.	REMK.
TP2	1.423	18.783		2.744	17.360	
Sta5			0.890		17.893	
TP3	2.902	21.465		0.220	18.563	ต้องเลื่อน staff ให้อ่านได้
B				1.465	20.000	1.465 ม.
	$\Sigma 6.362$	$\Sigma F.S$ 13.367		$\Sigma 7.362$	21.000	
	$\Sigma 7.362$				20.000	
	1.000	OK			1.000	

การตรวจสอบการคำนวณ

1) จากสูตร ΣBS. - ΣFS. = Last Elev. - First Elev.

6.362 – 7.362 = 20.000 – 21.000

-1.000 = -1.000 ....OK.

2) สูตร ผลรวมของค่าระดับทั้งหมด (ยกเว้นค่าแรก) = (HI1xN1+HI2 x N2...)-(ΣI.F.S. + ΣFS.)

N1,N2... = จานวน F.S. และ I.F.S. ที่นาไปลบ HI. ตัวนั้น

ΣI.F.S. = ผลรวมของ I.F.S. ทั้งหมด

ΣFS. = ผลรวมของ F.S. ทั้งหมด

จากตาราง

ผลรวมของค่าระดับทั้งหมด (ยกเว้นค่าแรก)= 184.460

HI1 = 21.917

N1 = 3

HI2 = 20.104

N2 = 4

HI3 = 18.783

N3 = 1

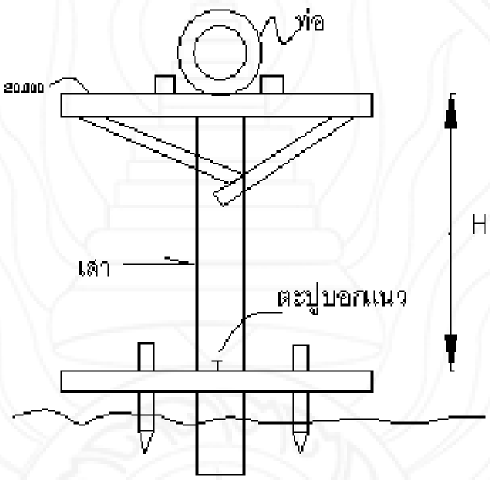
แทนค่าในสูตร 184.460 = (21.917x3+20.104x4+18.783x1)-(13.376+7.362)

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

= 205.198 – 20.738

184.460 = 184.460 ....OK.

เนื่องจากว่าระดับพื้นดินต่างกันมาก จึงไม่สามารถตอก Stake ให้มีระดับเท่ากันได้ การทำจะต้องวางแนวและตอก Stake ไว้ก่อน เมื่อส่องกล้องได้ระดับของ Stake แล้วต่อไปก็คำนวณหาระยะของเสาจากระดับ Stake ไปยังระดับที่ 20.00 เมตร ซึ่งเป็นระดับของท่อ



ภาพที่ 9.18 การวาง Stake และตำแหน่งการวางท่อ

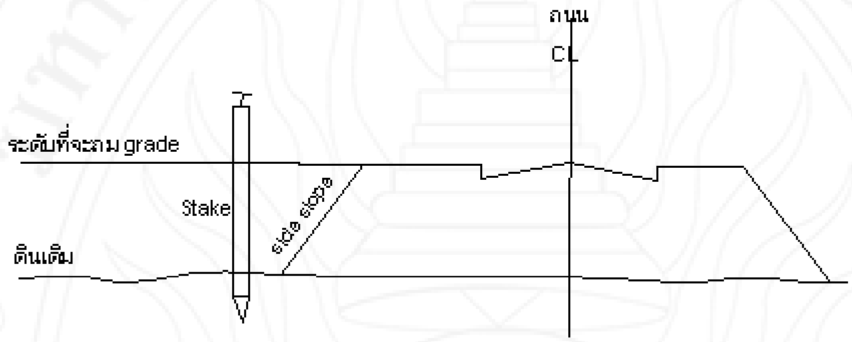
ตารางที่ 9.2 ระยะเสาติดตั้ง Support

Sta.	Grad.	Elev.	H
0+000 (A)	20	20.000	0
0+004 (1)	0+004 (1)	0+004 (1)	0+004 (1)
0+008 (2)	20	17.525	2.475
0+012 (3)	20	17.424	2.576
0+016 (4)	20	17.640	2.360
0+020 (5)	20	17.893	2.107
0+025 (B)	20	20.000	0

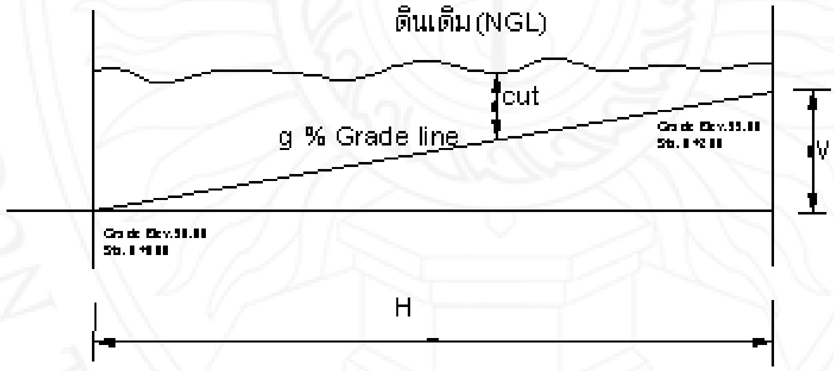
เมื่อคานวณระยะ H ได้แล้วเวลาจะฝังเสาต้องวัดจากบนลงมาล่างให้ได้เท่ากับ H และใช้สีขีดไว้ Stake เวลาฝังก็ให้ขีดสีนี้เท่าระดับของ Support นี้ได้ระดับเท่ากัน หลักการนี้เปลี่ยนไปถ้าระยะ H ไม่มากเกิน เช่น ไม่เกิน 1.00 เมตร เพราะสามารถใช้กล้องส่องได้เลย

9.7 Grade elevation หรือ formation level หรือระดับก่อสร้าง

ถ้าเป็นงานถนนเมื่อ Plot รูป Profile เสร็จแล้ว ก็จะนามากาหนดระดับหลังทาง และชั้นต่าง ๆ ของถนน ซึ่งเราจะเรียกว่า finished grade ของชั้นต่าง ๆ ถ้าเป็นการถมที่ระดับที่จะถมเราก็เรียกว่า grade หรือ Grade elevation การตัดก็เช่นเดียวกัน ถ้าต้องการตัดถึงระดับไหน ระดับนั้นเรียกว่า เกรด ตัวอย่างการถมที่ข้างถนน



ภาพที่ 9.19 ตัวอย่างรูปการถมที่ติดถนน



ภาพที่ 9.20 ตัวอย่าง Grade line ของถนน

การคำนวณค่า Grade elevation

เปอร์เซ็นต์เกรดเป็นอัตราความลาดของ grade line ต่อระยะราบ 100 เมตร ค่าระดับแต่ละจุดบน grade line เรียกว่า Grade elevation

ตัวอย่าง9.2 จากภาพที่ 16.4 Sta. 0+000 มี Grade elevation =50.000 ม. และ Sta. 0+200 มี Grade elevation =55.000 ม.จงคานวณหาเปอร์เซ็นต์เกรดและ Grade elevation ของทุก sta. 25 ม.

กำหนดให้ V = ผลต่างของ Grade elevation ทั้ง 2 station

H = ผลต่างทางราบระหว่าง 2 station

g = เปอร์เซ็นต์เกรด

$$g = \frac{100\times V}{H}\ \%$$

วิธีทำ

Sta. 0+000 มี grad elevation = 50.000

Sta. 0+200 มี grad elevation = 55.000

นั่นคือ H = 200 และ V = 5

แทนค่าสูตร $g = \frac{100\times 5}{200}$

= 2.5 % **Ans.**

การหา Grade elev.ที่ sta. ใด ๆ

ค่า grade elev. ของ sta. ใดๆ = grade elev.ของ sta. แรก + V/H(x)

x = ระยะจาก sta. แรกถึง sta. ที่ต้องการหา grade elev.

เครื่องหมาย +/- คิดตามเครื่องหมายของ V หรือ g%

วิธีการคำนวณใช้สูตร grade elevation = grade elev. Sta. แรก +/- v/h(x)

ตารางที่ 9.3 แสดงการคานวณหาค่า Grad Elevation

STA.	Computation	Grade elevation
0+025		50.000
0+025	50+5/200(25)	50.625
0+050	50+5/200(50)	51.250
0+075	50+5/200(75)	51.875
0+100	50+5/200(100)	52.500
0+125	50+5/200(125)	53.125

ตารางที่ 9.3(ต่อ) แสดงการคานวณหาค่า Grad Elevation

STA.	Computation	Grade elevation
0+150	0+150	0+150
50+5/200(150)	50+5/200(150)	50+5/200(150)
53.750	53.750	53.750

9.8 สรุปท้ายบท

การวางผังอาคารควรกำหนดแนวล้อมรอบอาคารเพื่อตรวจสอบระยะค่ามุมต่างๆส่วนการวางแนวเสาเข็มอาจต้องใช้กล้องวัดมุมในการตรวจสอบมุมฉาก การวางแนวท่อระบายน้ำต้องหาแนวกึ่งกลางและตำแหน่งต่างๆโดยศึกษาจากแบบสุขาภิบาล การหาระยะทางระหว่างฝั่งแม่น้ำจะใช้เทปวัดโดยอาศัยหลักการของสามเหลี่ยม ในการหาระดับของท่อระบายน้ำสิ่งแรกต้องทราบระดับผิวล่างของท่อก่อน

เอกสารอ้างอิง

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด (ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอค ทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S K Duggal . 2008 . **Surveying** (volume 1) . 2 nd . Tata McGraw – Hill , New delhi

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 10

การสำรวจภาคสนาม

หัวข้อเนื้อหา

การสำรวจภาคสนาม

10.1 ข้อแนะนำเบื้องต้น

10.2 อุปกรณ์งานสำรวจและอุปกรณ์เสริมที่จำเป็น

10.3 สัญญานมือ

10.4 เกณฑ์ชั้นงาน

10.5 ขั้นตอนการดำเนินงานสำรวจเพื่อการทำแผนที่

10.6 ขั้นตอนการรังวัดแผนที่ภูมิประเทศ

10.7 การสำรวจรังวัดเก็บรายละเอียด (Detail surveys)

10.8 การเขียนแผนที่ภูมิประเทศ (Plotting)

10.9 การเขียนรายละเอียดลงในแผนที่

10.10 การทำวงรอบ (Traverse)

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความรู้และทักษะดังนี้

1. อธิบายขั้นตอนการทำงานสำรวจภาคสนามได้
2. สามารถเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้ในงานสำรวจภาคสนามได้
3. อธิบายและเข้าใจสัญญานมือในงานสำรวจภาคสนามได้
4. เข้าใจเกณฑ์ชั้นงานในงานสำรวจและสามารถเลือกอุปกรณ์ให้ตรงกับชั้นงานนั้นได้เหมาะสม
5. เข้าใจขั้นตอนในการทำการรังวัดแผนที่ภูมิประเทศ
6. เข้าใจการสำรวจรังวัดเก็บรายละเอียดภูมิประเทศ
7. สามารถเขียนรายละเอียดลงในแผนที่ภูมิประเทศได้อย่างถูกต้อง
8. สามารถเขียนสัญญลักษณ์ลงในแผนที่ได้อย่างถูกต้อง

วิธีสอนและกิจกรรม

1. ชี้แจงคำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ เนื้อหา และเกณฑ์การให้คะแนนรายวิชา
2. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายประกอบเอกสารประกอบการสอนและรูปภาพ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในแต่ละหัวข้อและเสนอแนวความคิด ก่อนข้ามหัวข้อนั้น
4. ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียน สอบถามผู้เรียนถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัย และสรุปเนื้อหาประจำบท
5. มอบหมายให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน และกำหนดวันส่ง
6. ชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนในครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนไปศึกษาก่อนล่วงหน้า
7. เสริมสร้างคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาก่อนเลิกเรียน
8. แบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตามใบงานที่ได้มอบหมาย และกาหนดวันส่งรายงาน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสำรวจ
2. สื่อเอกสารประกอบการสอนอิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องฉายภาพ
5. กระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์
6. แบบฝึกหัดท้ายบท
7. เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล

1. ประเมินจากความตรงต่อเวลาของนักศึกษาในการส่งงานและเข้าเรียน
2. ประเมินจากการซักถาม-ตอบคำถาม
3. ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบท
4. ประเมินจากผลการสอบย่อย

การประเมินผล

1. จากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จตามเวลา
2. ทำใบงานถูกต้องและครบสมบูรณ์
3. ทำแบบฝึกหัดมีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

บทที่ 10 การสำรวจภาคสนาม

(Survey Field Practice)

10.1 ข้อแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะออกปฏิบัติงานภาคสนาม ผู้ปฏิบัติงานจะต้องจัดเตรียมทุกอย่างให้พร้อมเพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน และเพื่อให้การดำเนินงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด สาเหตุที่ต้องเตรียมตัวให้พร้อมนั้น เนื่องจากการทำงานสำรวจนั้น เป็นการปฏิบัติงานกลางแจ้ง และสถานที่ทำงานนั้น อาจตั้งอยู่ห่างไกลจากตำแหน่งที่ตั้ง ของสำนักงานหรือห้องเก็บอุปกรณ์เป็ นระยะทางหลายกิโลเมตร ดังนั้น ถ้าผู้ปฏิบัติงานเตรียมตัวไม่พร้อม หรือลืมนำอุปกรณ์ที่จำเป็ นต่อการปฏิบัติงานติดตัวไปด้วย ก็อาจทำให้การออกทำงานสำรวจในรอบนั้น ผิดพลาดและล้มเหลวก็เป็นได้ ซึ่งผลที่ตามมาก็คือ เสียเวลา และค่าใช้จ่ายในการทำงานไปโดยเปล่าประโยชน์ ที่สำคัญคืออาจโดนตำหนิจากหัวหน้างาน ในกรณีที่เลวร้ายมากๆ อาจส่งผลต่อความมั่นคงต่ออาชีพการงานได้ ด้วยเหตุนี้ในบทนี้ เราจะมาตรวจสอบกันว่า ก่อนออกปฏิบัติงานสำรวจนั้น นิสิตควรที่จะต้องเตรียมอะไรกันบ้าง

10.2 อุปกรณ์งานสำรวจและอุปกรณ์เสริมที่จำเป็น

สิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนเป็นอันดับแรกจะต้องตรวจสอบและเตรียมอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับงานสำรวจที่ได้รับมอบหมาย โดยทั่วไปในการสำรวจภาคสนาม งานที่นิสิตได้รับมอบหมายได้แก่ งานสำรวจภูมิประเทศ งานหมุดควบคุมทางราบและหมุดควบคุมทางดิ่ง งานสำรวจเพื่อการทำวงรอบและแผนที่ และการสำรวจงานระดับ ดังนั้น อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจ จำแนกตามประเภทของงาน ได้แก่

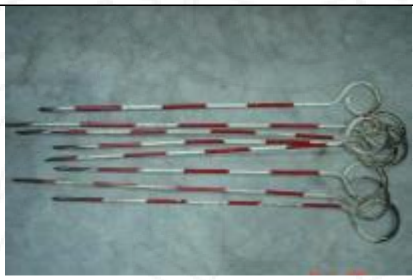
10.2.1 อุปกรณ์งานวงรอบและแผนที่

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานวงรอบและแผนที่ ประกอบด้วย กล้องวัดมุม (Theodolite) พร้อมขาตั้ง กล้อง เข็มเล็งแนว (Pins) หลักเล็งแนว (Poles) เทปวัดระยะ (Tapes) และไม้สต๊าฟ (Staff)ในกรณีที่ต้องการเก็บรายละเอียดจุดความสูง (Spot height) ของภูมิประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 10.1

10.2.2 อุปกรณ์งานระดับ

อุปกรณ์สำรวจสำหรับงานระดับ ประกอบด้วย กล้องระดับ เข็มเล็งแนว หลักเล็งแนวเทปวัดระยะ และไม้สต๊าฟ

ตารางที่ 10.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจภาคสนาม

ลำดับที่	ภาพประกอบ	อุปกรณ์
1.		กล้องวัดมุม,กล้องประมวลผลรวม
2.		กล้องระดับ
3.		เหล็กเล็งแนว(pin)
4.		หลักเล็งแนว (Poles)

ตารางที่ 10.1 (ต่อ) อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจภาคสนาม

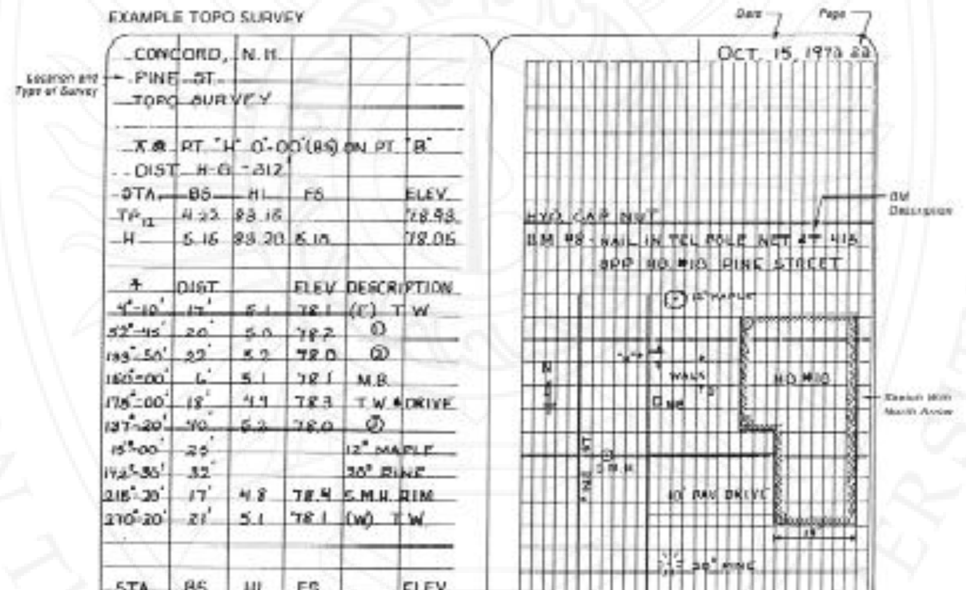
ลำดับที่	ภาพประกอบ	อุปกรณ์
5.		เทปวัดระยะ (Tapes)
6.		สต๊าฟ (Staffs)

สำหรับอุปกรณ์อื่นที่ต้องเตรียมให้พร้อมและนำติดตัวไปด้วยในการปฏิบัติงานสำรวจได้แก่ สมุดสนาม ปากกา หมุด ฆ้อน เครื่องคิดเลข เข็มทิศ นาฬิกา ฯลฯ

10.2.3 สมุดสนามและปากกา (Field books and pens)

สมุดสนาม คือ สมุดที่ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลและรายละเอียดทั้งหมดในทุกขั้นตอนของการทำงานสำรวจ เริ่มตั้งแต่ ขั้นตอนการสำรวจเบื้องต้นหรือการสำรวจสังเขป การสำรวจเพื่อทำวงรอบ การเก็บรายละเอียดในพื้น ที่และภูมิประเทศ การหาจุดความสูง และการสำรวจงานระดับ สมุดสนามควรมีขนาดที่พอเหมาะไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไป มีขนาดที่พอดีมือ สมุดสนามควรมีปกแข็ง เพื่อให้เกิดความสะดวกในการบันทึกข้อมูล พื้นที่หน้ากระดาษสำหรับบันทึกข้อมูลควรมีลักษณะเป็นตารางกริดเพื่อความสะดวกในการร่างรูปภาพ และกำหนดมาตราส่วนคร่าวๆ ระหว่างการบันทึกข้อมูล

ปากกาเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ไม่ควรลืมนำติดตัวไปด้วยทุกครั้งที่ออกทำการสำรวจ อย่างไรก็ดี นักสำรวจก็มักจะลืมนำติดตัวไปด้วยทุกครั้งเช่นกัน และมักแก้ปัญหาด้วยการใช้ “อะไรก็ได้”ที่มีอยู่ใช้ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งส่วนมากจะเป็นดินสอ อันที่จริง การใช้ดินสอบันทึกข้อมูลนั้นสามารถทำได้ แต่ไม่ขอแนะนำให้ใช้ เนื่องจากการบันทึกข้อมูลด้วยดินสอนั้น ลบเลือนได้ง่าย หรือขณะปฏิบัติงานอาจเกิดฝนตก หรืออากาศร้อน ผู้ปฏิบัติงานมีเหงื่อออก ทำให้กระดาษที่บันทึกข้อมูลเกิดความชื้น ในการนี้ถ้าใช้ดินสอบันทึกข้อมูลก็จะทำให้ข้อมูลลบเลือนได้ และการบันทึกข้อมูลด้วยดินสอลงบนกระดาษที่ชื้นนั้น ก็เป็นสิ่งที่ทำได้ยาก นักสำรวจอาจโต้แย้งว่าการบันทึกข้อมูลด้วยปากกานั้น ทำให้เกิดความสกปรกและข้อมูลที่บันทึกดูเลอะเทอะไม่สวยงาม แต่ความเลอะเทอะดังกล่าวเป็นสิ่งที่ยอมรับได้สำหรับการบันทึกสมุดสนาม สมุดสนามไม่ใช่รายงานที่นักสำรวจต้องทำให้สะอาดสวยงาม ขอให้ทำการบันทึกข้อมูลตามความเป็นจริด้วยปากกาทุกครั้ง หากเขียนผิดให้ทำการขีดคร่อมข้อความหรือตัวอักษรที่เขียนผิดนั้น และเขียนข้อความหรือตัวอักษรที่ถูกต้องไว้ด้านบน นักสำรวจควรบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระเบียบ มีข้อมูลครบถ้วนตามที่ควรจะมีและไม่ควรทำให้สมุดสนามเกิดการฉีกขาด



ภาพที่ 10.1 ตัวอย่างของการบันทึกสมุดสนาม

(ที่มา : สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ . 2552)

10.2.4 หมุดและฆ้อน (Pegs and hammer)

หมุดที่ใช้สำหรับทำเป็นสถานีวงรอบนั้นตามหลักการที่ถูกต้องแล้วมักทำจากไม้หน้าตัดสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาดประมาณ 1 นิ้ว x 1 นิ้ว ยาวประมาณ 15 เซนติเมตร เหลาปลายด้านหนึ่งให้แหลม หรืออาจใช้หมุดเหล็ก (ทำจากเหล็กเส้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางพอสมควร) ก็ได้ นักสำรวจควรนำฆ้อนไปด้วยเพื่อใช้สำหรับตอกหมุดลงดินให้ลึกจนเกือบสุดความยาวของหมุด ไม่ควรใช้วัสดุอื่นๆ อาทิ ก้อนหิน ท่อนไม้ หรือมือของนักสำรวจเอง ในการตอกหมุดลงดิน เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ . 2552)

10.2.5 เครื่องคิดเลข (Calculator)

เครื่องคิดเลขเปรียบเสมือนอาวุธประจำกายที่ต้องพกพาไปทุกที่(ถ้าสามารถทำได้) เมื่อมีภารกิจที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานด้านวิศวกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสำรวจภาคสนาม เนื่องจากอาจต้องคำนวณเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการอ่านค่ามุม หรือระยะ หรือการคำนวณหาค่ามุมที่เหมาะสมที่ควรอ่านได้ในตำแหน่งนั้น ๆ เป็นต้น ดังนั้น จะเห็นได้ว่าเครื่องคิดเลขเป็นอุปกรณ์จำเป็นที่นักสำรวจทุกคนควรนำติดตัวไปด้วยทุกครั้งเมื่อออกปฏิบัติงาน

10.2.6 เข็มทิศ (Compass)

ประโยชน์ของเข็มทิศก็คือการบอกทิศทาง การนำเข็มทิศติดตัวไปด้วยเมื่อออกปฏิบัติงานภาคสนามก็เพื่อระบุทิศทางลงบนสมุดสนามประกอบภาพร่างของวงรอบ ภาพร่างในการกำหนดหมุดวงรอบหรือหมุดควบคุม หรือกำหนดทิศเหนือจริงเพื่อการหาค่าแอซิมัทสำหรับการคำนวณวงรอบ เป็นต้น ดังนัน้ นักสำรวจจะต้องกำหนดทิศเหนือลงบนภาพร่างตามที่กล่าวข้างต้นทุกครัง้ เพื่อให้ผู้นำข้อมูลไปใช้ มโนภาพภูมิประเทศได้ถูกต้องยิ่งขึ้น และเป็นการเตือนความจำให้กับนักสำรวจเองด้วยในการวิเคราะห์ข้อมูลในสำนักงาน

10.2.7 นาฬิกา (Watch)

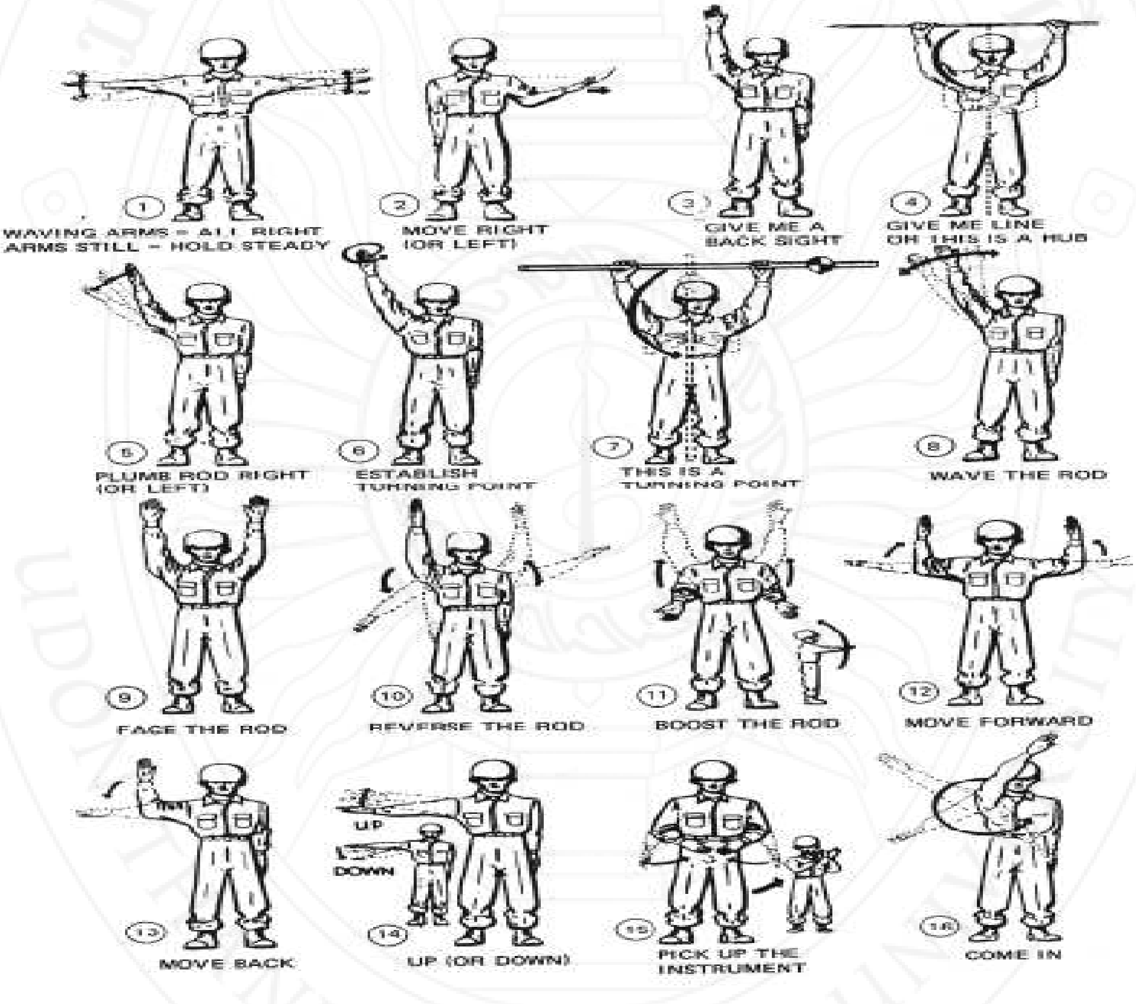
หน้าที่โดยตรงของนาฬิกาก็คือ การบอกเวลา ไม่ว่าจะเป็นเวลาในการทำงาน เวลาเริ่มงานเวลาสิน้ สุดงาน หรือเวลานัดหมายต่างๆ ระหว่างการทำงาน นอกจากนี ้อาจใช้นาฬิกาในการบอกทิศ จากการตรวจสอบการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์และเทียบเข็มยาวกับทิศเหนือ ด้วยวิธีการนี้จะทำให้สามารถคาดคะเนทิศทางได้อย่างคร่าวๆ จากหน้าปัดนาฬิกา

10.2.8 อุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็น

นอกจากอุปกรณ์หลักตามที่กล่าวไปแล้วนั้น สิ่งที่อาจนำติดตัวไปด้วยในการออกปฏิบัติงาน ได้แก่ หมวกกันแดดและร่ม สำหรับบังแดดและฝน ตะปูและตะปูตอกคอนกรีต สำหรับใช้แทนหมุดไม้หรือหมุดเหล็กในกรณีที่ภูมิประเทศที่ปฏิบัติงานนั้น ไม่สามารถใช้หมุดทั้ง 2ประเภทนั้นได้ เชือกฟาง ใช้สำหรับผูกกับหมุดหรือตะปูเพื่อใช้เป็นสัญลักษณ์ของแต่ละกลุ่มปฏิบัติการ และ สีสเปรย์ ใช้สำหรับระบุตำแหน่ง ทำเครื่องหมาย หรือแสดงสัญลักษณ์ประจำกลุ่มปฏิบัติงาน อุปกรณ์เขียนแบบ ได้แก่ ไม้ที ไม้ฉาก อุปกรณ์วัดมุม ดินสอเขียนแบบ ปากกาเขียนแบบ ยางลบ วงเวียน ไม้บรรทัด แผ่นรองลบ และแบบตัวอักษรสำหรับเขียนข้อความลงบนแผนที่ ฯลฯ

10.3 สัญญานมือ

ในการปฏิบัติงานสำรวจ ผู้ปฏิบัติงานในหน้าที่ต่างๆ อาจอยู่ห่างไกลกันเกินกว่าที่จะใช้การพูดด้วยระดับเสียงปกติในการสื่อสารได้ การตะโกนก็อาจจะดูไม่เหมาะสมนัก ปัจจุบันนิสิตอาจใช้โทรศัพท์มือถือในการสื่อสารระหว่างการทำงาน แต่ก็ไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมในทางปฏิบัติเท่าไรนักในทางปฏิบัติ และในการปฏิบัติงานจริง เรานิยมใช้สัญญาณมือในการสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสื่อสารระหว่างผู้ส่องกล้อง กับผู้ปฏิบัติงานในตำแหน่งอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็ นคนเล็งแนวด้วยเข็มเล็งแนวหรือหลักเล็งแนว (Pin man and Pole man) คนถือไม้สต๊าฟ (Staffman) หรือคนดึงเทปวัดระยะ สัญญาณมือที่นิยมใช้ดังแสดงเป็นตัวอย่างในภาพที่ 10.2



ภาพที่ 10.2 สัญญาณมือที่ใช้ในงานสำรวจ

10.4 เกณฑ์ชั้นงาน

ความถูกต้องของการปฏิบัติงานสำรวจ ไม่ว่าจะเป็นงานวงรอบ งานแผนที่ หรืองานระดับจะต้องอยู่ในเกณฑ์หรือมาตรฐานของชั้นงานที่กำหนดไว้สำหรับงานนั้ ในการปฏิบัติงานสำรวจ

ภาคสนามครั้งนี้ได้กำหนดเกณฑ์ชั้นงานสำหรับการสำรวจประเภทต่างๆ ดังนี้

10.4.1 งานวงรอบ

1). ระยะของหมุดวงรอบ

• งานชั้น 1 สำหรับงานวงรอบระดับโครงข่ายห่างกัน 10-15 กม. สำหรับงานสำรวจอื่นๆ ห่างกันไม่น้อยกว่า 3 กม.

• งานชั้น 2

Class 1 หมุดวงรอบห่างกันไม่เกิน 4 กม. ยกเว้นเขตเมือง จะใช้ระยะห่างระหว่างหมุด 300 ม.

Class 2 หมุดวงรอบห่างกันไม่เกิน 2 กม. ยกเว้นเขตเมือง จะใช้ระยะห่างระหว่างหมุด 200 ม.

• งานชั้น 3 หมุดวงรอบจะต้องห่างกันไม่เกิน 100 ม. ถ้าเป็นเขตเมือง ให้กำหนดระยะห่างตามความเหมาะสม

2). ผลต่างของค่าแอซิมัทเข้าบรรจบที่ได้จากการสำรวจและค่าแอซิมัทที่ได้จากการคำนวณ

• งานชั้น 1 1″ ต่อหมุด หรือ 2″ $\sqrt{N}$

• งานชั้น 2

Class 1 1.5″ ต่อหมุด หรือ 3″ $\sqrt{N}$ ถ้าเป็นพื้นที่สำรวจในเมืองจะต้องไม่เกิน 2″ ต่อหมุด หรือ 3″ $\sqrt{N}$

Class 2 2″ ต่อหมุด หรือ 6″ $\sqrt{N}$ ถ้าเป็นพืน้ ที่สำรวจในเมืองจะต้องไม่เกิน 4″ ต่อหมุด หรือ 8″ $\sqrt{N}$

• งานชั้น 3

Class 1 3″ ต่อหมุด หรือ 10″ $\sqrt{N}$ ถ้าเป็นพื้นที่สำรวจในเมืองจะต้องไม่เกิน 6″ ต่อหมุด หรือ 15″ $\sqrt{N}$

Class 2 8″ ต่อหมุด หรือ 30″ $\sqrt{N}$

3). ค่าคลาดเคลื่อนของระยะบรรจบหลังจากปรับแก้ค่าแอซิมัทแล้ว

• งานชั้น 1 0.04 $\sqrt{K}$ ม. หรือ 1:100,000

• งานชั้น 2

Class 1 $0.08\sqrt{K}$ ม. หรือ 1:50,000

Class 2 $0.2\sqrt{K}$ ม. หรือ 1:20,000

- งานชั้น 3

Class 1 $0.4\sqrt{K}$ ม. หรือ 1:10,000

Class 2 $0.8\sqrt{K}$ ม. หรือ 1:5,000

10.4.2 งานระดับ

- งานชั้น 1

Class 1 คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 4 $\sqrt{K}$ มม.

Class 2 คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 $\sqrt{K}$ มม.

- งานชั้น 2

Class 1 คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 6 $\sqrt{K}$ มม.

Class 2 คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 8 $\sqrt{K}$ มม.

- งานชั้น 3 คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 12 $\sqrt{K}$ มม.

10.5 ขั้นตอนการดำเนินงานสำรวจเพื่อการทำแผนที่

การทำแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) คือ การแสดงภาพของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏบนพื้นผิวโลกลงบนระนาบสองมิติด้วยขนาดย่อส่วนหรือมาตราส่วน (Scale) ที่เหมาะสมโดยแทนสิ่งต่างๆ ด้วยสัญลักษณ์ทั้งชนิดเส้น (Line types) และเครื่องหมาย (Symbols) ต่างๆ โดยอ้างอิงกับระบบพิกัดที่ใช้ในการรังวัด รายละเอียดทางตำแหน่ง เช่น ถนน อาคาร เสาไฟฟ้า ต้นไม้ และสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เรียกว่า รายละเอียดทางราบ (Horizontal details) การแสดงความสูงต่ำขอพื้นที่ด้วยเส้นชั้นความสูง (Contour line) และจุดระดับความสูง (Spot height) เรียกว่ารายละเอียดทางดิ่ง (Vertical details) แผนที่ภูมิประเทศแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แผนที่กระดาษหรือกระดาษไข (Paper map) และแผนที่เชิงเลข (Digital map)

10.5.1 มาตราส่วนแผนที่ (Map scale)

สิ่งต่างๆ ที่ปรากฏบนแผนที่จะมีขนาดย่อส่วนจากขนาดจริงด้วยอัตราส่วนระยะบนแผนที่ต่อระยะเดียวกันบนพื้นผิวโลกโดยเทียบเศษเป็น 1

มาตราส่วนแผนที่ = ระยะบนแผนที่/ระยะเดียวกันบนพื้นดิน

ตัวอย่างที่ 10.1 แผนที่มาตราส่วน 1:1,000 หมายถึง วัดระยะบนแผนที่ได้ 1 มิลลิเมตร จะมีค่าเท่ากับระยะบนพื้น ดิน 1,000 มิลลิเมตร หรือ 1 เมตร

มาตราส่วนแผนที่แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

1. แผนที่มาตราส่วนใหญ่ (Large scale map): คือ แผนที่มาตราส่วน 1:250, 1:500, 1:2,500,1:4,000, 1:5,000

2. แผนที่มาตราส่วนกลาง (Medium scale map): คือ แผนที่มาตราส่วน 1:10,000, 1:20,000,1:25,000

3. แผนที่มาตราส่วนเล็ก (Small scale map): คือ แผนที่มาตราส่วน 1:50,000, 1:100,000,1:250,000, 1:500,000, 1:1,000,000

10.5.2 ความถูกต้องของแผนที่ (Map accuracy)

ความถูกต้องของแผนที่สามารถพิจารณาได้ 2 ประเภท

1). ความครบถ้วนของข้อมูลแผนที่ (Completeness)การตรวจสอบเชิงปริมาณ (Quantitative assessment) ของรายละเอียดที่ปรากฏบนแผนที่ว่าครบถ้วนตามวัตถุประสงค์การใช้งานของมาตราส่วนแผนที่ที่กำหนดไว้หรือไม่

2). ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Positional accuracy)การตรวจสอบความถูกต้องทางตำแหน่งของรายละเอียดต่างๆ ที่ปรากฏบนแผนที่ เป็นการตรวจสอบเชิงคุณภาพ (Qualitative assessment) ที่เกี่ยวกับการวัดปริมาณต่างๆ บนแผนที่แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ (Horizontal positional accuracy) และความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่ง (Vertical positional accuracy)

ความถูกต้องเชิงตำแหน่งสามารถแบ่งการพิจารณาออกได้เป็น 2 ประเภท ตามชนิดของแผนที่

1. ความถูกต้องของแผนที่กระดาษ (Paper map)

• ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ (Horizontal positional accuracy) ขนาดของจุดที่เล็กที่สุดบนแผนที่ที่สามารถวัดได้ เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร ค่าพิกัดตำแหน่งที่อ่านได้ควรจะมีความถูกต้องในเกณฑ์เท่ากับขนาด 0.2 มิลลิเมตรคูณด้วยมาตรส่วนของแผนที่กระดาษนัน้ เช่น แผนที่มาตราส่วน 1:1,000 ความถูกต้องของตำแหน่งจุดที่อ่านได้จะอยู่ในเกณฑ์0.2 × 1,000 = 200 มิลลิเมตร หรือ 0.20 เมตร ซึ่งหมายถึง เมื่อนำค่าพิกัดจากแผนที่กระดาษไปเปรียบเทียบกับค่าพิกัดจุดดังกล่าวที่วัดได้ในสนามจะผิดพลาดได้ในเกณฑ์ไม่เกิน ±0.20 เมตร

• ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่ง (Vertical positional accuracy) ทำได้โดยการอ่านค่าระดับความสูง ณ ตำแหน่งที่ต้องการและทำการเปรียบเทียบกับค่าที่รังวัดได้จริงในสนามที่ตำแหน่งนั้น โดยจะยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกินครึ่งหนึ่งของช่วงเส้นชั้น ความสูง เช่น แผนที่ที่มีช่วงเส้นชั้น ความสูง 1 เมตร จะยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกิน 0.50 เมตร เป็นต้น

2. ความถูกต้องของแผนที่เชิงเลข (Digital map)

แผนที่เชิงเลข (Digital map) คือ แผนที่ที่จัดเก็บในรูปไฟล์คอมพิวเตอร์เป็นตัวเลขและสามารถเรียกแสดงผลในรูปแบบต่างๆ เช่น หน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ตามมาตราส่วนที่ต้องการก็ได้ข้อมูลของ Digital map มักจะเก็บในรูปของค่าพิกัด โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพิกัดและสัญลักษณ์การแสดงผล เพื่อให้สามารถแสดงรายละเอียดรูปร่างต่างๆ ทั้งรายละเอียดทางราบและทางดิ่งได้ ดังนั้นข้อมูลแผนที่เชิงเลขจะสามารถคงความถูกต้องไว้ได้ตามความถูกต้องของกรรมวิธีที่ใช้ในการรังวัดเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลนั้น และเมื่อพิมพ์ลงในกระดาษ ความถูกต้องแผนที่จะพิจารณาตามหลักเกณฑ์ของมาตราส่วนดังเช่นแผนที่กระดาษ

10.6 ขั้นตอนการรังวัดแผนที่ภูมิประเทศ

การสำรวจรังวัดเพื่อการทำแผนที่ภูมิประเทศมีขั้นตอนโดยสังเขป ดังนี้

1). การสำรวจสังเขป (Reconnaissance surveys) คือ การเดินสำรวจดูสภาพพื้นที่โดยรวมพร้อมทั้งสังเกตแผนผังรวม บันทึกภาพ และจดบันทึกข้อสังเกตต่างๆ ที่อาจเป็นอุปสรรคต่อการทำงานในพื้นที่เพื่อใช้ในการวางแผนงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มักวัดระยะทางโดยประมาณด้วยการเดินนับก้าว สิ่งที่นิสิตควรนำติดตัวไปด้วยได้แก่ สมุดสนาม ปากกา เข็มทิศ เทปวัดระยะการสำรวจสังเขปสามารถทำให้ทราบสิ่งต่อไปนี้

• ตำแหน่งที่เหมาะสมในการสร้างหมุดหลักฐานทั้ง ทางราบและทางดิ่ง

• การเลือกตำแหน่งหมุดสถานีวงรอบเพื่อใช้ในการจัดเก็บรายละเอียด

• การกำหนดมาตรฐานการรังวัดหมุดหลักฐาน

• การวิเคราะห์ความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ต้องการตามขนาดมาตราส่วนแผนที่เพื่อเลือกใช้เครื่องมือสำรวจได้อย่างเหมาะสม

• การจัดหาหมุดหลักฐานที่ใช้ในการโยงยึดทั้งทางราบและทางดิ่งในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการมากที่สุดเพื่อใช้อ้างอิงเข้าระบบพิกัดของประเทศ

2). การสำรวจรังวัดหมุดควบคุม (Control surveys) คือ การสร้างหมุดหลักฐานที่ต้องการทราบค่าพิกัดทางราบและ/หรือทางดิ่งให้ครอบคลุมพื้น ที่โครงการอย่างเพียงพอ เริ่มต้นด้วยการเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมและจัดสร้ างให้มั่นคงปลอดภัยใช้งานได้ตลอดระยะโครงการ ซึ่งต้องจัดทำบัญชีสเกตตำแหน่งหมุด และวัดระยะโยงยึดกับตำแหน่งที่มั่นคงชัดเจนอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง

การรังวัดหมุดหลักฐานแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

(1). การรังวัดหมุดหลักฐานทางราบ (Horizontal control surveys) เริ่มด้วยการสร้างหมุดคู่ที่ทราบค่าพิกัด อาจเป็นหมุดคู่หลักถาวร ระยะห่างกันไม่น้อยกว่า100 เมตร ด้วยการรังวัดถ่ายค่าพิกัดจากหมุดหลักฐานที่ทราบค่าพิกัดจากนอกโครงการมายังหมุดคู่ดังกล่าว จากนัน้ ทำการรังวัดเพื่อถ่ายค่ามุม (แอซิมัท) และพิกัดจากหมุดคู่ที่เป็นหมุดหลักฐานไปยังหมุดสถานีวงรอบภายในโครงการโดยใช้วิธีการรังวัดพืน้ ฐานได้แก่ การทำวงรอบ หรือการใช้อุปกรณ์ GPS

(2). การรังวัดหมุดหลักฐานทางดิ่ง (Vertical control surveys)การทำงานระดับชนิดรังวัดค่าต่างระดับ (Differential leveling) ด้วยการถ่ายค่าระดับจากหมุดระดับภายนอกโครงการมายังหมุดระดับ (Bench mark) ที่ติดตัง้ อย่างถาวรภายในโครงการ

สรุปขัน้ตอนในการรังวัดหมุดควบคุม

• การรังวัดโยงยึดหมุดหลักฐานทางราบและทางดิ่งจากหมุดหลักฐานหลักมายังหมุดหลักฐานภายในพืน้ที่โครงการ

• การรังวัดหมุดควบคุมที่ใช้ในพืน้ ที่โครงการจากหมุดหลักฐานที่กำหนดขึน้ นัน้

• เมื่อถ่ายทิศทางและระดับจากหมุดควบคุมมายังสถานีวงรอบ จะได้หมุดสถานีวงรอบที่ทราบค่าพิกัดทัง้ ทางราบและทางดิ่ง (Full control point) สำหรับการวังวัดเพื่อเก็บรายละเอียด

10.7 การสำรวจรังวัดเก็บรายละเอียด (Detail surveys)

การรังวัดเพื่อเก็บรายละเอียดสามารถดำเนินการได้หลายวิธี ได้แก่

1). วิธีเปิดมุมและวัดระยะด้วยเทปเป็นวิธีการปกติที่มักใช้กันในการเก็บรายละเอียดงานสำรวจ

2). วิธีการวัดระยะฉาก (Offset surveying)

• เป็นวิธีการวัดตำแหน่งวัตถุอ้างอิงกับเส้นฐานที่ทราบการวางตัว

• วิธีนีไ้ ม่สามารถหาค่าระดับของจุดที่วัดได้

• เหมาะสำหรับการรังวัดแผนที่แสดงตำแหน่งวัตถุเท่านัน้ เช่น แผนที่โรงงาน แผนที่เมือง เป็นต้น

3). วิธีการวัด Stadia วิธีนี้ใช้ในกรณีที่ต้องการเก็บรายละเอียดแบบรวดเร็ว ด้วยการเปิดมุมและวัดระยะโดยใช้วิธี Stadia แทนการใช้เทปวัดระยะ

10.8 การเขียนแผนที่ภูมิประเทศ (Plotting)

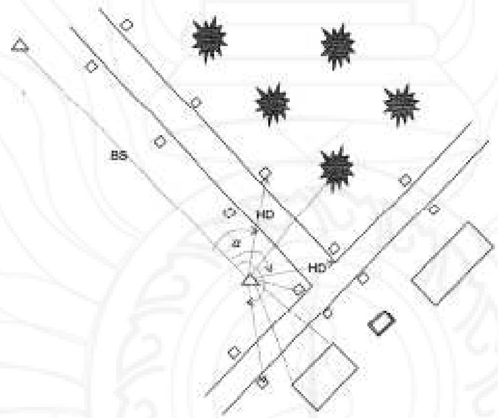
การเขียนแผนที่สามารถทำได้ 3 วิธี

1. เขียนจากข้อมูลการวัดมุมและระยะทาง

• เริ่มด้วยการกำหนดตำแหน่งสถานีวงรอบทั้งหมด

• Plot ตำแหน่งของรายละเอียดต่างๆ จากมุมและระยะทางที่รังวัดได้ ในแต่ละสถานีตามมาตรส่วนที่ต้องการ

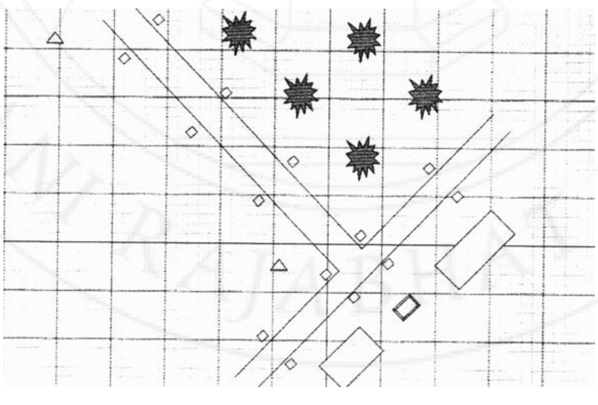
• สำหรับรายละเอียดทางดิ่งให้แสดงด้วยเส้นชั้นความสูง และจุดความสูงในบริเวณที่ไม่มีเส้นชั้นความสูง หรือมีแต่อยู่ห่างกันค่อนข้างมาก



ภาพที่ 10.3 การเขียนแผนที่จากข้อมูลการวัดมุมและระยะทาง

2). เขียนจากข้อมูลพิกัดที่คำนวณได้

วิธีนี้ต้องใช้กระดาษกราฟช่วยในการกำหนดตำแหน่งตามค่าพิกัดที่คำนวณได้ ตัวอย่างการเขียนแผนที่จากข้อมูลพิกัดที่คำนวณได้



ภาพที่ 10.4 การเขียนแผนที่จากข้อมูลพิกัด

10.9 การเขียนรายละเอียดลงในแผนที่

สิ่งต่างๆ ที่แสดงในแผนที่สามารถแทนได้ด้วยรายละเอียด 4 ประเภท

1. รายละเอียดประเภทจุด (Point features) ได้แก่ รายละเอียดที่มีขนาดไม่สามารถแสดงเป็นรูปร่างที่แท้จริงด้วยมาตรส่วนแผนที่นั้น ๆ เช่น หมุดหลักฐาน เสาไฟฟ้ า ต้นไม้ ตู้โทรศัพท์ ตู้ไปรษณีย์ เป็นต้น

2. รายละเอียดประเภทเส้น (Line features)อาทิ แนวกึ่งกลางถนน ขอบถนน ขอบทางเท้า ทางนฎ เส้นชัน้ ความสูง (Contour) เป็นต้น ทั้งนี้ นิสิตควรทบทวนเกี่ยวกับหลักการของการลากเส้นชั้นความสูงมาด้วย

3. รายละเอียดประเภทรูปปิด (Polygon features)อาทิ อาคาร สระนฎ บ่อนฎ แปลงที่ดินเป็นต้น

4. รายละเอียดประเภทตัวอักษร (Annotation features)ได้แก่ ข้อความ และตัวเลข เป็นต้น

10.9.1 องค์ประกอบการออกแบบสัญลักษณ์ทั้ง 4 ประเภท

การออกแบบสัญลักษณ์ทั้ง 4 ประเภท ข้างต้นให้แตกต่างกัน สามารถทำได้โดยการพิจารณารายละเอียดของสิ่งต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของการออกแบบสัญลักษณ์แต่ละประเภท ดังนี้

1). รายละเอียดประเภทจุด (Point features)ได้แก่ รูปลักษณ์ (Shape) ขนาด (Size) และสี (Color)

2). รายละเอียดประเภทเส้น (Line features)ได้แก่ ชนิดเส้น (Line type) นฎ หนักเส้น (Line weight) และสี (Color)

3). รายละเอียดประเภทรูปปิด (Polygon features)ได้แก่ ชนิดเส้น (Line type) นฎ หนักเส้น (Line weight) สี (Color) และการระบายสีภายใน (Hatching or shading)

4). รายละเอียดประเภทตัวอักษร (Annotation features)ได้แก่ ชนิดตัวอักษร (Text type) ขนาด (Text height) รูปแบบการเขียน (Text style)และสี (Color)

สิ่งสำคัญที่ต้องแสดงบนแผนที่ภูมิประเทศ

1. ตารางกริดค่าพิกัดมักจะมีช่วงห่างเท่ากับ 10 เซนติเมตร หรือตามความเหมาะสมในการใช้งาน ไม่จำเป็นต้องวางในทิศทางเดียวกับกระดาษ และต้องมีตัวเลขค่าพิกัดกำกับไว้ที่ขอบระวางแผนที่

2. เครื่องหมายแสดงทิศเหนือทิศเหนือเป็นสิ่งที่ต้องกำหนดไว้ในแผนที่ หรือภาพร่าง ทุกครั้ง แต่ก็เป็นสิ่งที่นิสิตมักจะลืมเสมอในการทำงานสำรวจซึ่งสังเกตได้จากสมุดสนามที่นิสิตส่งหลังปฏิบัติการแต่ละครัง้

3. การบอกมาตราส่วนของแผนที่ต้องบอกในลักษณะที่เป็นทงั้ ตัวเลข และแถบมาตราส่วน (Graphical scale bar)

4. คำอธิบายสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนที่ (Legend)เพื่อให้ผู้อ่านแผนที่เข้าใจเครื่องหมายและสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ปรากฏบนแผนที่ ส่วนมากLegend จะปรากฏอยู่ตรงมุมด้านล่างขวาของแผนที่

5. รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับแผนที่นนั้อาทิ พืน้ ที่ วันเดือนปีที่ทำการผลิต ชื่อโครงการ ผู้ผลิต (กลุ่มปฏิบัติงาน) ฯลฯ

10.10 การทำวงรอบ (Traverse)

กระบวนการทำวงรอบทงั้หมดมีขนั้ตอนการทำงานดังต่อไปนี้

10.10.1. กำหนดเกณฑ์ความถูกต้องของงานวงรอบ

ในการสำรวจภาคสนามนี้กำหนดให้มีความละเอียดถูกต้องของงานอยู่ในเกณฑ์งานชนั้ 3 คลาส 2 โดยจากข้อกำหนดของ The Federal Geodetic Control Committee (FGCC) ปี 1984ระบุไว้ว่า

- กำหนดให้ใช้กล้องวัดมุมความละเอียด 1″
- การวัดมุมให้วัดมุมละ 2 ชุด แต่ละชุดมีค่าต่างจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 5″
- ความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะไม่เกิน 1 : 30,000
- การอ่านค่ามุมจากกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวาต่างกันไม่เกิน 20″
- ต้องทราบค่าระดับสถานีทุกๆ 15-20 สถานี
- มีความคลาดเคลื่อนทางมุมไม่เกิน 30″ $\sqrt{N}$
- มีความคลาดเคลื่อนบรรจบของวงรอบไม่เกิน 1 : 5,000

10.10.2 การปรับแก้ทางระยะ

หลังจากปรับแก้มุมวงรอบแล้ว ลำดับต่อไปจะเป็นการปรับแก้ตามเงื่อนไขทางระยะของวงรอบ ซึ่งโดยมากแล้วจะได้แก่วงรอบปิด วงรอบปิดจะมีลักษณะการบรรจบของวงรอบที่สถานีเริ่มต้น ดังนนั้ เงื่อนไขสภาวะทางระยะทาง คือ

- ผลรวมของระยะเหนือ = 0 หรือ $\Sigma Latitude = 0$ ($\Sigma Lat = 0$)
- ผลรวมของระยะตะวันออก = 0 หรือ $\Sigma Departure = 0$ ($\Sigma Dep = 0$)

แต่ในทางปฏิบัติแล้วค่าทั้งสองจะไม่เท่ากับศูนย์นั่นคือมีความคลาดเกิดขึ้น นั่นคือ

- ผลรวมระยะเหนือ $\Sigma \text{Lat} = \Delta \text{Lat}$
- ผลรวมระยะตะวันออก $\Sigma \text{Dep} = \Delta \text{Dep}$

การคำนวณค่าความถูกต้องของงานวงรอบสามารถคำนวณได้จากความคลาดเคลื่อนเชิงบรรจบโดยคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$\text{Accuracy} = \frac{E_l}{\Sigma L}$$

โดยที่ $E_l = \sqrt{(\Delta Lat)^2 + (\Delta Dep)^2}$

ΣL = ผลรวมของความยาววงรอบ

โดยที่ค่า Accuracy นี้จะต้องไม่เกิน 1 : 5,000 สำหรับเกณฑ์งานชั้น 3 คลาส 2 ถ้าเกินค่าดังกล่าวจะต้องทำการวัดมุมวงรอบและระยะของเส้นวงรอบแต่ละเส้นใหม่ แต่ถ้าไม่เกิน ให้ทำการปรับแก้ทางระยะต่อไป

การปรับแก้ทางระยะของวงรอบ สามารถดำเนินการได้ 2 แนวทาง

1. การคำนวณด้วยกฎเข็มทิศ (Compass rule)

- ค่าปรับแก้ระยะเหนือของเส้นวงรอบ ij = $C_{\text{Lat}_{ij}} = \frac{-(\Delta Lat)(L_{ij})}{\Sigma L}$
- ค่าปรับแก้ระยะตะวันออกของเส้นวงรอบ ij = $C_{\text{Dep}_{ij}} = \frac{-(\Delta Dep)(L_{ij})}{\Sigma L}$

2. การคำนวณด้วยกฎทรานซิต (Transit rule)

- ค่าปรับแก้ระยะเหนือของเส้นวงรอบ ij = $C_{\text{Lat}_{ij}} = \frac{-(\Delta Lat)|Lat_{ij}|}{\Sigma |Lat|}$
- ค่าปรับแก้ระยะตะวันออกของเส้นวงรอบ ij = $C_{\text{Dep}_{ij}} = \frac{-(\Delta Dep)|Dep_{ij}|}{\Sigma |Dep|}$

เมื่อคำนวณค่าปรับแก้สำหรับแต่ละเส้นวงรอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จากนั้น ทำการปรับแก้ระยะเหนือและระยะตะวันออกพร้อมทั้ง หาค่าพิกัดของหมุดวงรอบใหม่ ตามวิธีการที่นิสิตได้เคยศึกษามา

เอกสารอ้างอิง

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด (ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้)**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอคทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ . 2552 . **แนวทางปฏิบัติสำหรับการสำรวจภาคสนาม** . ชลบุรี . ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ หมาวิทยาลัยบูรพา

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2535 . **วิชาสำรวจ** . แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2549. **การสำรวจรังวัด :ทฤษฏีและการประยุกต์ใช้**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แอคทีฟ พริ้นท์ จำกัด

ดิลก ศรีนาวิน. 2541 . **การสำรวจพื้นฐาน .** ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วินิจ จึงเจริญธรรม **. การสำรวจ 1 .** สงขลา . ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ ธนัช สุขวิมลเสรี . 2557 **. วิศวกรรมสำรวจ** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ . 2552 . **แนวทางปฏิบัติสำหรับการสำรวจภาคสนาม** . ชลบุรี . ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ หมาวิทยาลัยบูรพา

Anderson J.M. ,and Mikhail, E.M . 1998 . **Surveing :Theory and practice** . 7th ed .Newyork . McGraw-Hill

Basak, N.N. 1994 . **Surveying and leveling** . Tata McGraw – Hill , New Delhi

Duggal,S.K. 2004 . Surveying . vol 1. 2nd ed . Tata McGraw – Hill , New Delhi

S K Duggal . 2008 . **Surveying** (volume 1) . 2 nd ed. Tata McGraw – Hill , New delhi

https://walterpierceparkcemeteries.org/historic-maps/.jpg

www.ajarnveerapong.com

http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GRACE/page3.php

www.geography.hunter.cuny.edu

http:// geomatics-tech.blogspot.com

www.matichon.co.th

www.sanpdeal.com

www.itandhome.com

http://engineeringtraining.tpub.com/14070/css/Locating-Details-By-Transit-And-Stadia-153.htm

www.oknation.net

www.accuratusindia.com

www.adainstruments.com

www.ecvv.com

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ใบงาน

ใบงานที่ 1

เรื่อง การวัดระยะทางด้วยความยาวก้าว **วันที่...**

ชื่อ-สกุล.. รหัส...

1. วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้ทำการวัดระยะทางด้วยเทปด้วยวิธีที่ถูกต้องได้

2) เพื่อให้หาค่าความถูกต้องของการวัดระยะทางไปกลับได้

3) เพื่อหาความยาวก้าว และ ความเร็วเฉลี่ยในการเดินของแต่ละคน

4) เพื่อคำนวณค่าสถิติต่างๆ ในการหาความยาวก้าว

2.หลักการ

การวัดระยะทางในงานสำรวจนั้น เทปวัดระยะทางเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ในการวัดระยะทางของเส้นตรง ซึ่งระยะทางที่วัดจะเป็นระยะทางราบระหว่างจุดสองจุด การดึงเทปวัดระยะต้องให้ปลายสองด้านอยู่ในระดับเดียวกัน หากเป็นการวัดบนพื้นราบการวัดก็สามารถทำได้โดยสะดวก กรรมวิธีการวัดนั้น อาจจะต้องใช้ชนิดของเทปแบบใดและอุปกรณ์ประกอบหรือไม่ขึ้นอยู่ความถูกต้องที่ต้องการตามข้อกำหนดของการวัดระยะราบนั้นๆ การใช้เทปวัดระยะจะให้ความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ 1:1,000 – 1:5,000 กรณีที่ต้องทำการวัดระยะทางบนพื้นที่มีความลาดชัน การวัดระยะทางราบต้องใช้เทคนิคการวัดที่เรียกว่า “การวัดแบ่งช่วง” หรือ “Breaking Tap” และหากพื้นที่นั้นมีความลาดชันมากไม่สะดวกในการวัดด้วยกรรมวิธีการวัดช่วง การวัดจะใช้วิธีการวัดไปตามพื้นเอียงนั้น และทำการวัดมุมเอียงของพื้นหรือค่าต่างระดับระหว่างจุดปลายของระยะทาง แล้วคำนวณหาระยะทางราบจากค่ามุมเอียง หรือค่าต่างระดับของระยะทางเอียงที่วัดได้ความยาวก้าวเป็นสิ่งสำคัญที่จำเป็นต้องทราบเพื่อใช้ประโยชน์ในการวัดระยะโดยไม่ต้องพึ่งพาเครื่องมือโดยให้ความถูกต้องสำหรับการสำรวจสังเขปเบื้องต้น นอกจากนี้หากต้องการทราบระยะที่ค่อนข้างยาว การทราบความเร็วในการเดินจะทำให้สะดวกและง่ายในการทำงานยิ่งขึ้น

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ต้องศึกษา

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดระยะทางด้วยเทป
2) ชนิดของเทป
3) ขั้นตอนการวัดระยะทางด้วยเทป

4. เครื่องมือ

1) เทปวัดระยะทาง 30 เมตร จำนวน 1 ม้วน
2) หลักเล็ง (Pole) จำนวน 2 อัน
3) เข็มคะแนน (Pin) จำนวน 3 อัน
4) นาฬิกาจับเวลา จำนวน 1 เรือน
5) หมุดไม้ (Peg) จำนวน 2 อัน
6) ค้อน จำนวน 1 อัน

5. วิธีปฏิบัติ

1) ให้ปฏิบัติงานที่สนามฟุตบอลหน้าอาคารเรียน อาคาร 6

2) กำหนดจุดสถานี A และ B ระยะห่างประมาณ 120 ก้าว โดยตอกหมุดไม้เป็นตำแหน่งจุด A และ B และหมายตำแหน่งจุดบนหมุดไม้

3) ปักหลักเล็งหลังหมุดไม้ของแนวเส้น AB

4) วัดระยะ AB ด้วยเทป ทั้งไปและกลับ ตามขั้นตอนการวัดระยะทางด้วยเทป โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ดึงเทป และการทิ้งดิ่ง

5) คำนวณค่าความถูกต้องของการวัดระยะทางไปกลับ ต้องไม่น้อยกว่า 1:2,000 หากไม่ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้ทำการวัดระยะใหม่ จนได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วจึงคำนวณค่าเฉลี่ยระยะAB จากการวัดระยะทางไปกลับ

6) ให้เดินนับก้าวระหว่างระยะ AB พร้อมจับเวลาการเดินทั้งไปและกลับ จำนวน 10 รอบ และบันทึกในสมุดสนาม

7) คำนวณค่าทางสถิติของการหาความยาวก้าว

6. บันทึกผล

6.1 การบันทึกและคำนวณข้อมูลการวัดระยะทาง

เส้น	จำนวน pin	ระยะเทป(ม)	ระยะทาง(ม)	ค่าต่าง(ม)	หมายเหตุ

การคำนวณ ความยาวช่วงเทป = 30 เมตร

ระยะทางที่วัดได้ = (ความยาวช่วงเทป x จำนวนเข็มคะแนน) + ระยะเทป

Accuracy = ค่าต่างระยะไปกลับ / ค่าระยะทางเฉลี่ย

6.2 การบันทึกและคำนวณข้อมูลการวัดระยะทาง

ครั้งที่	จำนวนก้าว	เวลา (วินาที)	ความยาวก้าว (ม)	หมายเหตุ

7.ข้อสังเกตอื่นๆ

....
....
....
....

8. ผลการทดลองและวิเคราะห์

....
....

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

9. สรุปผลการทดลอง

ให้บรรยายและสรุปผลที่ได้จากการทำงานสนามครั้งนี้ข้อดี-ข้อเสียปัญหาและอุปสรรคขณะที่ปฏิบัติงานรวมถึงประโยชน์ที่พึงจะได้รับจากการทำงานสนามครั้งนี้ควรมีข้อเสนอแนะที่คิดว่าจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ที่จะทำงานสนามครั้งต่อไป

....
....
....
....
....
....

ใบงานที่ 2

เรื่อง การวัดระยะทางด้วยโซ่หรือเทป **วันที่...**

ชื่อ-สกุล... รหัส...

1. วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้นิสิตวัดระยะทางราบโดยใช้โซ่หรือเทปวัดระยะได้

2) รู้จักหลักเกณฑ์ของการสำรวจด้วยโซ่และสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง

2. หลักการ

การสำรวจด้วยโซ่เป็นวิธีที่เก่าแก่และง่ายสำหรับการสำรวจที่ดิน วิธีนี้ยังคงใช้อยู่และเหมาะในการทำผังบริเวณบนพื้นที่ขนาดเล็ก ค่อนข้างราบ และมีรายละเอียดไม่มากนัก หลักการของวิธีนี้คือสร้างรูปสามเหลี่ยมขึ้นระหว่างแนวสำรวจหรือแนวโซ่(Chain Line) ของแต่ละหมุดที่กำหนดบนพื้นที่ที่ต้องการสำรวจ วัดความยาวด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมทุกรูปโดยไม่ต้องวัดมุม เมื่อทราบความยาวของด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม ก็จะเขียนแผนผังของพื้นที่โดยใช้วงเวียน ไม้บรรทัด และดินสอตามมาตราส่วนที่ต้องการ สามเหลี่ยมแต่ละรูปควรเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่าหรือมีด้านเกือบเท่ากัน หรือเป็นสามเหลี่ยมที่มีมุมไม่เล็กกว่า 30องศา และไม่ใหญ่กว่า 120องศา เพื่อให้การวัดและเขียนรูปมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

การเก็บรายละเอียดที่อยู่ภายในและภายนอกสามเหลี่ยมจะใช้การวัดระยะฉาก(Offset) จากแนวโซ่ไปยังจุดที่ต้องการเก็บรายละเอียด หรืออาจใช้เส้นสกัดก็ได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ต้องศึกษา

1) การวัดระยะทางโดยใช้เทปวัดระยะหรือโซ่วัดระยะ

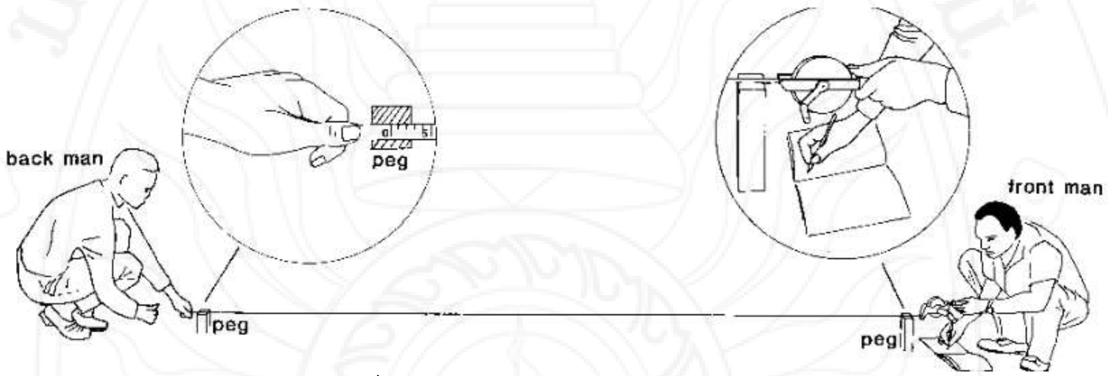
3. เครื่องมือ

1) เทปวัดระยะความยาวไม่น้อยกว่า 40 เมตร จำนวน 1 เส้น
2) pin จำนวน 5 อัน
3) pole จำนวน 3 อัน
4) ลูกดิ่ง จำนวน 2 ลูก
5) หมุด จำนวน 6 หมุด
6) ค้อน จำนวน 1 เต้า

4. วิธีปฏิบัติ

4.1 สำรวจดูบริเวณที่จะทำการสำรวจโดยทั่วไปอย่างสังเขป เพื่อทราบลักษณะหรือรูปร่างของพื้นที่

4.2 กำหนดหมุดหลักฐานหรือหลักเขตลงตามมุมโดยรอบ ถ้ากำหนดตรงมุมเขตไม่ได้ ก็พยายามกำหนดให้ใกล้เคียง และการกำหนดหมุดหลักฐานนี้ต้องถือหลักการที่ว่า จะต้องแบ่งพื้นที่เป็นรูปสามเหลี่ยมหลายรูปต่อเนื่องกันจนเต็มพื้นที่

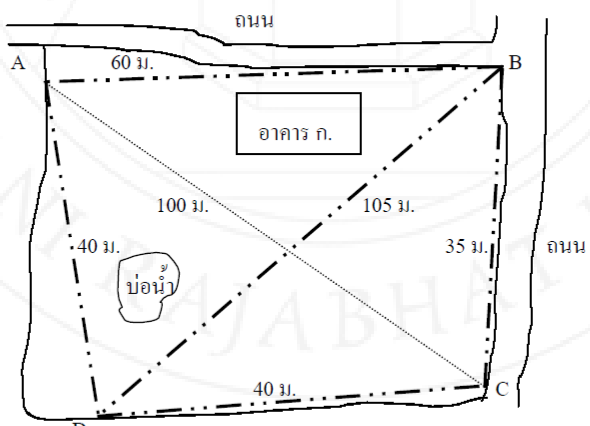


ภาพที่ 1 การวัดระยะโดยการดึงเทป

4.3 ถ้ามีเขตโค้งหรือสิ่งที่ต้องการสำรวจอยู่ภายในหรือภายนอกบริเวณโครงสามเหลี่ยม ก็ใช้วิธีวัดระยะฉากหรือวัดระยะสกัดเป็นรูปสามเหลี่ยม

4.4 รูปสามเหลี่ยมจะต้องประกอบด้วยฐานกับด้านตั้งทั้งสอง และเส้นตรวจหรือเส้นยึดโยงให้สาม

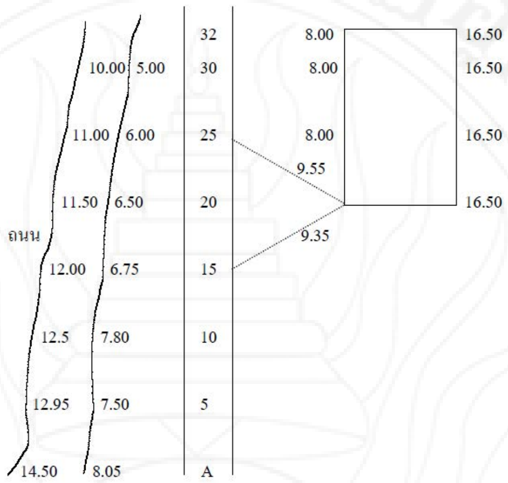
5. บันทึกผล



— · · — = แนวเส้นสำรวจ

.... = แนวเส้นตรวจ

ภาพที่ 2 ผังแสดงแนวการสำรวจ



ภาพที่ 3 ผังแสดงแนวการสำรวจ

เมื่อเก็บข้อมูลต่างๆครบถ้วนแล้ว ให้เขียนผังบริเวณพื้นสำรวจ โดยเลือกใช้มาตรส่วนที่เหมาะสม เช่น 1:100, 1:200 หรือ 1:500 เป็นต้น

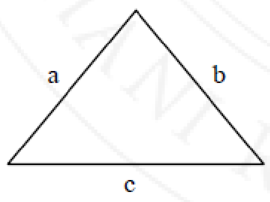
6. การคำนวณ

คำนวณหาพื้นที่สำรวจทั้งหมด โดยอาศัยผังบริเวณที่เขียนตามมาตราส่วนที่เหมาะสมช่วยในการคำนวณ

- คำนวณพื้นที่สามเหลี่ยม จากสูตร

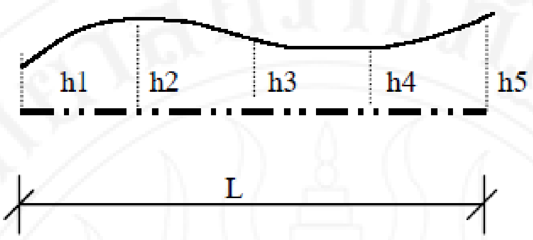
$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b(s-c)}$$

เมื่อ $s = \frac{(a+b+c)}{2}$



- คำนวณพื้นที่ที่วัดระยะ offset จากเส้นสำรวจ

A = h x L



7. ข้อสังเกตอื่นๆ

....

....

....

....

8. ผลการทดลองและวิเคราะห์

....

....

....

....

....

....

9. สรุปผลการทดลอง

ให้บรรยายและสรุปผลที่ได้จากการทำงานสนามครั้งนี้ข้อดี-ข้อเสียปัญหาและอุปสรรคขณะที่ปฏิบัติงานรวมถึงประโยชน์ที่พึงจะได้รับจากการทำงานสนามครั้งนี้ควรมีข้อเสนอแนะที่คิดว่าจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ที่จะทำงานสนามครั้งต่อไป

....

....

....

....

ใบงานที่ 3

เรื่อง การตั้งกล้องระดับชนิดอัติโนมัติ **วันที่**..

ชื่อ-สกุล.. **รหัส**..

1. วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้นิสิตใช้กล้องระดับได้อย่างถูกต้อง

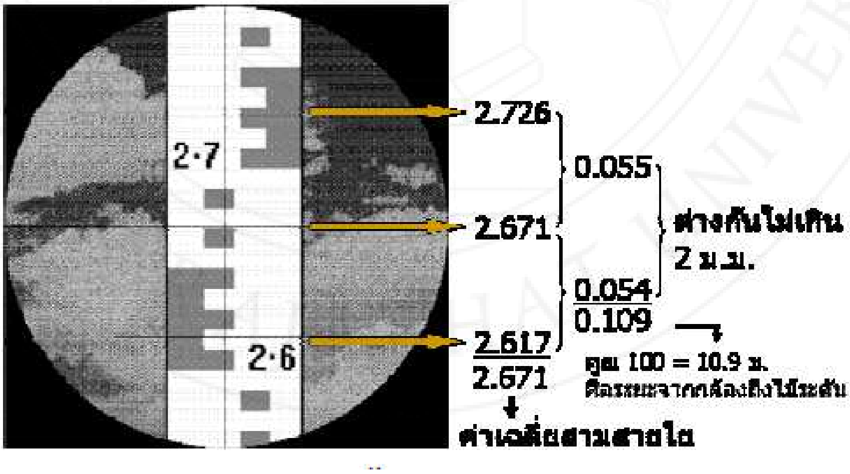
2) เพื่อให้นิสิตรู้วิธีการอ่านค่าไม้ระดับด้วยกล้องระดับ

3) เพื่อให้นิสิตหาค่าค่างระดับระหว่างจุดอ้างอิงกับจุดต่างๆได้

4) เพื่อให้นิสิตหาค่าระยะทางจากกล้องระดับไปยังไม้ระดับได้

2. หลักการ

รูปแสดงภาพที่เห็นได้จากกล้องระดับ เมื่อได้ตั้งกล้องระดับอย่างถูกต้องและไม้ระดับตั้งอยู่บนจุดที่ต้องการทราบค่าระดับ ซึ่งผู้ถือไม้ระดับต้องถือให้ในแนวดิ่งโดยดูจากลูกน้ำฟองกลมด้านหลังไม้ระดับ การอ่านค่าไม้ระดับจะอ่านจากสายใยที่ตัดกับไม้ระดับสามสายใย คือ สายใยบน (U) กลาง (M) และล่าง (L) และต้องมีการตรวจสอบผลที่ได้จากการอ่าน คือ ผลต่างของค่าต่างสายใยบนกับกลาง และค่าต่างสายใยกลางกับสาบใยล่าง ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร หากเกินต้องอ่านใหม่จนได้ผลลัพธ์ไม่เกณฑ์ 2 มิลลิเมตร



3.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ต้องศึกษา

1) ศึกษาอุปกรณ์ในการวัดระดับ
2) วิธีการตั้งกล้องระดับ
3) ชนิดของกล้องระดับ

4. เครื่องมือ

1. กล้องระดับ จำนวน 1 ตัว

2. ไม้ระดับ จำนวน 2 อัน

3. แท่นรองไม้ระดับ จำนวน 2 อัน

4. ค้อน จำนวน 1 ตัว

5. วิธีปฏบัติ

1) วางเพลททฐานกล้องบนปลายเท้าขวา

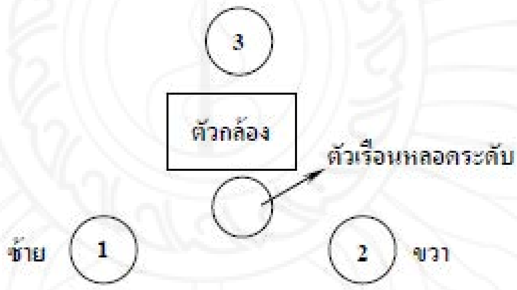
2) สไลด์ขากล้องให้ปลายขากล้องอยู่ในระดับสายตาหรือระดับคิ้วของผู้ตั้งกล้อง

3) กางขากล้องให้เพลทขากล้องอยู่ในแนวระดับโดยประมาณและให้สูงอยู่ระดับคางของผู้ส่องและให้ขากล้องทั้งสามมีระยะห่างเท่ากันทั้งสามขา

4) นำกล้องประกอบกับขากล้องโดยให้เพลทฐานกล้องอยู่กึ่งกลางของเพลทขากล้อง ขันสกรูขากล้องให้แน่น

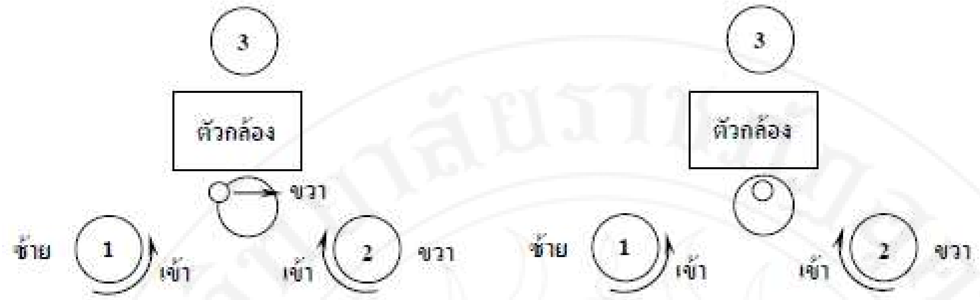


5). จับตัวกล้องให้ขนานกับควงคู่ใดคู่หนึ่ง ในที่นี้สมมติเป็นคู่ 1 และ 2 ดังรูป

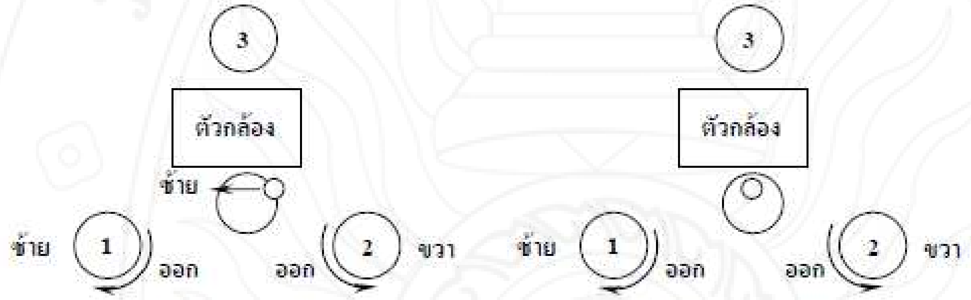


6). สังเกตดูฟองอากาศที่ตัวเรือนหลอดระดับฟองกลม อยู่ทางซ้ายหรือขวาของผู้ส่อง

6.1 ถ้าฟองอากาศอยู่ทางซ้ายให้หมุนควงตัวที่ 1 และ 2 เข้าพร้อมๆ กัน ฟองอากาศจะวิ่งไปทางขวาหมุนจนกว่าฟองอากาศจะวิ่งอยู่กึ่งกลางหรือตรงกันข้ามกับควงตัวที่ 3 ดังรูป



6.2) ถ้าฟองอากาศอยู่ทางขวาให้หมุนควงตัวที่ 1 และ 2 ออกพร้อมๆ กัน ฟองอากาศจะวิ่งไปทางซ้ายหมุนจนกว่าฟองอากาศจะวิ่งอยู่กึ่งกลางหรือตรงกันข้ามกับควงตัวที่ 3 ดังรูป



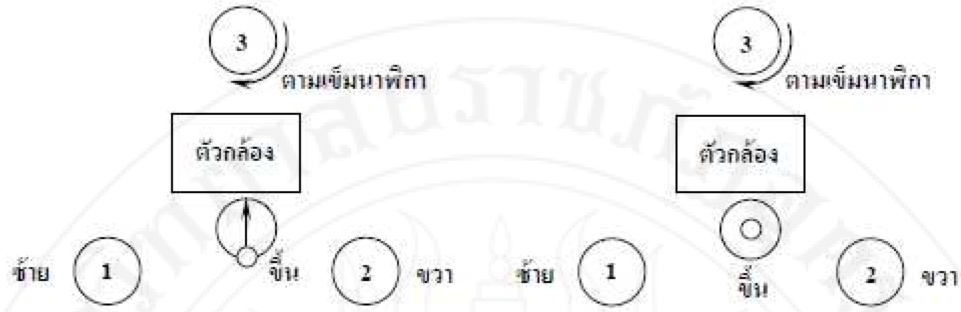
7. สังเกตดูฟองอากาศที่ตัวเรือนหลอดระดับฟองกลม อยู่ด้านบนหรือด้านล่างของตัวเรือนหลอดระดับฟองกลม

7.1) ถ้าฟองอากาศอยู่ด้านบนตัวเรือนหลอดระดับฟองกลม ใช้ควงตัวที่ 3 เพียงตัวเดียวหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ฟองอากาศจะวิ่งลงมาด้านล่างของตัวเรือนหลอดระดับฟองกลม หมุนควงตัวที่ 3 จนกว่าฟองอากาศจะอยู่กึ่งกลางของตัวเรือนหลอดระดับฟองกลม ดังรูป



7.2) ถ้าฟองอากาศอยู่ด้านล่างตัวเรือนหลอดระดับฟองกลม ใช้ควงตัวที่ 3 เพียงตัวเดียวหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ฟองอากาศจะวิ่งขึ้นสู่ด้านบนของตัวเรือนหลอดระดับฟองกลม หมุนควงตัวที่ 3 จนกว่าฟองอากาศจะอยู่กึ่งกลางของตัวเรือนหลอดระดับฟองกลม ดังรูป

ใบงานที่ 3 การตั้งกล้องชนิดอัติโนมัติ



8. ถ้าฟองอากาศยังไม่อยู่กึ่งกลางของตัวเรือนหลอดระดับให้ปฏิบัติซ้ำตามข้อ 6 ถึงข้อ 7 จนกว่าฟองอากาศจะอยู่กึ่งกลางของตัวเรือนหลอดระดับ แล้วทำการอ่านค่าบนไม้วัดระดับเพื่อหาค่าระดับต่อไป

6. งานที่มอบหมาย

1. ให้นักเรียนฝึกปฏิบัติตั้งกล้องระดับชนิดอัตโนมัติ เป็นรายบุคคล ตามใบงานที่ 2

2. ให้นักเรียนสอบปฏิบัติการตั้งกล้องระดับชนิดอัตโนมัติ เป็นรายบุคคล

7.ผลการทดลองและวิเคราะห์

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....
....
....
....
....

8. สรุปผลการทดลอง

....
....
....
....

ใบงานที่ 4

เรื่อง การหาค่าต่างระดับ **วันที่..**

ชื่อ-สกุล.. รหัส..

1.วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการการถ่ายระดับด้วยกล้องระดับอัติโนมัติ

2. เพื่อให้สามารถใช้เครื่องมือในการถ่ายระดับได้อย่างถูกต้อง

3. เพื่อหาค่าต่างระดับระหว่างจุด 2 จุด และคำนวณหาค่าระดับได้อย่างถูกต้อง

2. หลักการ

ส่วนประกอบสำคัญของกล้องระดับ

ความมุ่งหมายหลักของกล้องระดับก็คือใช้สำหรับกำหนดเส้นเล็งราบ (Horizontal line of sight) โดยทั่วไปกล้องระดับประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนคือ

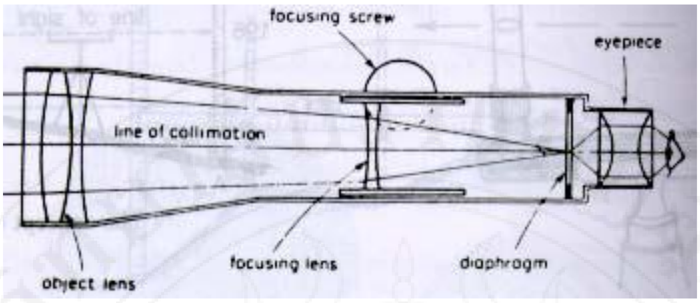
1. ตัวกล้องส่อง (Telescope) สำหรับใช้กำหนดเส้นเล็งและความชัดของภาพ

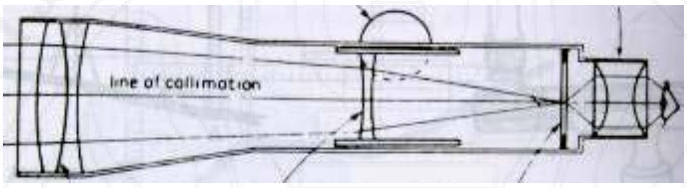
2. ส่วนที่ใช้ในการกำหนดแนวระดับ โดยใช้หลอดระดับ (Level Tube) สำหรับใช้กำหนดให้เส้นเล็งอยู่ในแนวราบ

3. ส่วนที่ใช้ในการตั้งระดับ (Leveling Head) เป็นส่วนที่รับน้ำหนักของตัวกล้อง และเป็นส่วนที่ช่วยปรับเส้นเล็ง ให้อยู่ในแนวราบโดยอาศัยควงปรับระดับ (Foot Screw) สามตัว

4. ส่วนที่เป็นขา (Tripod) เป็นส่วนที่แยกออกจากตัวกล้องต่างหากเป็นส่วนหัวของสามขา ซึ่งรับน้ำหนักตัวกล้องทั้งหมด

1. ตัวกล้องส่อง (Telescope) แบบง่ายๆจะประกอบด้วยกระบอกกลม 2 อันสวมกันได้พอดี ส่วนประกอบของตัวกล้องส่องแบ่งออกได้เป็นดังนี้



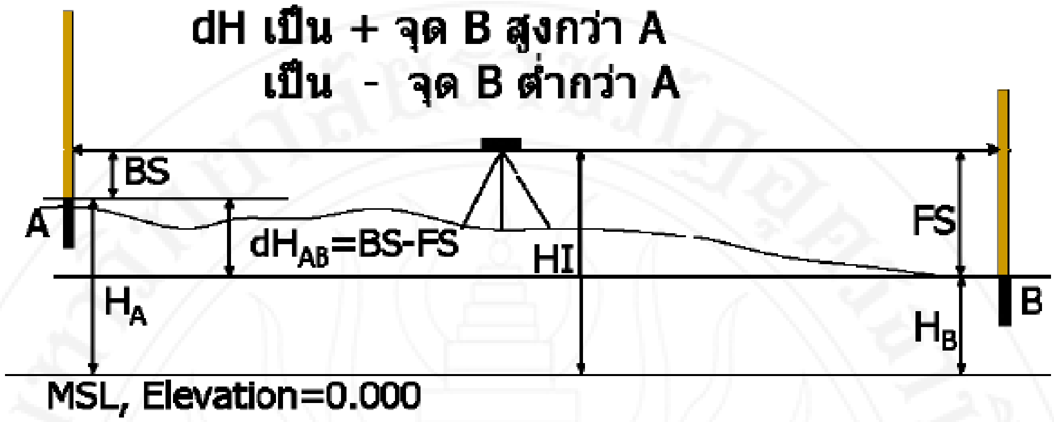


1.1 เลนซ์ปากกล้อง (Objective Lens) ใช้สำหรับรับภาพของวัตถุที่หมายแล้วส่งผ่านไปยังระบบเลนซ์ปรับระยะชัดเลนซ์ปากกล้องปกติเป็นเลนซ์รวม

1.2 เลนซ์ปรับระยะชัด (Focussing Lens) ใช้ปรับภาพวัตถุให้ชัดเจน โดยใช้ควงปรับระยะชัด (Focussing screw) เนื่องจากการส่องกล้องสำรวจมีระยะทางต่างกันดังนั้นจำเป็นต้องปรับภาพให้ชัดเจนด้วยความยาวโฟกัสต่างกันออกไป โดยการเพิ่มเลนซ์เว้าทั้งสองหน้า (Negative Lens) ซึ่งมีหน้าที่ปรับภาพให้ชัดเจน อุปกรณ์การปรับระยะชัดขึ้นอยู่กับว่าเป็นการปรับระยะชัดภายนอก External Focussing หรือเป็นการปรับระยะชัดภายใน Internal Focussing

1.3 สายใย (Cross-hair) ใช้ในการทำระดับหรือหาระยะทางจากกล้องถึงวัตถุระนาบสายใยทำด้วยแผ่นแก้วซึ่งวางระหว่างเลนซ์ปากกล้องกับช่องตามอง และวางตั้งฉากกับแกนมุขสำคัญ มีสายใยหลัก 2 เส้นคือสายใยราบและสายใยดิ่ง (Horizontal and Vertical cross hair) ทั้งสองตั้งฉากซึ่งกันและกัน

1.4 เลนซ์ช่องตามอง (Eye-piece) คือ เลนซ์ที่อยู่ตรงกันข้ามกับเลนซ์ปากกล้อง ใช้สำหรับปรับสายใยให้ชัดเจนหรือจัดความยาวโฟกัสให้พอดีกับสายตา



A เป็นจุดอ้างอิง

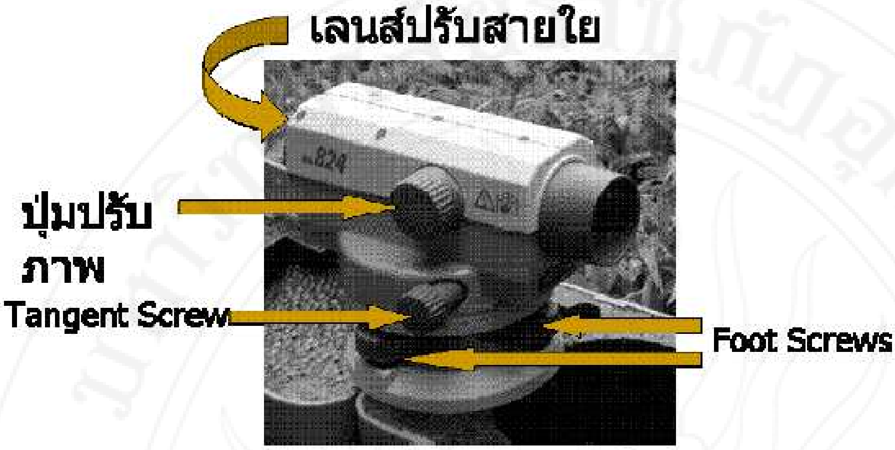
$$HI = H_A + BS$$
$$H_B = HI - FS = H_A + BS - FS$$
$$= H_A + dH_{AB}$$

3. เครื่องมือ

1. กล้องระดับ จำนวน 1 ตัว
2. ไม้ระดับ จำนวน 5 อัน
3. แท่นรองไม้ระดับ จำนวน 3 อัน
4. ค้อน จำนวน 1 เต้า



ส่วนต่างๆและชนิดของกล้อง



1) Foot Screws คือ ปุ่มที่ฐานกล้องใช้ในการปรับระดับฟองกลม

2) Eye Piece Lens คือ เลนส์ตาใช้สำหรับปรับภาพสายใยให้ชัดเจน

3) Tangent Screw คือ ปุ่มปรับเลื่อนการมองภาพให้ตรงตำแหน่งไม้ระดับ

4) Focusing Screw คือ ปุ่มปรับภาพไม้ระดับให้ชัดเจน

4. วิธีปฏิบัติการ

10.1 ตั้งกล้องระดับครั้งที่ 1 ให้ห่างจากหมุดระดับแรกออก (BM1) พอประมาณ ตั้งไม้ระดับบนหมุดระดับแรกออก แล้วส่องกล้องอ่านค่า ไม้ระดับหลัง (BS)

10.2 ตอกหมุดทำจุดถ่ายระดับจุดที่ 1 (TP1) โดยให้ห่างจากกล้องระดับเป็นระยะที่ใกล้เคียงกับระยะจากกล้องระดับถึงหมุดระดับแรกออก ตั้งไม้ระดับบนจุด TP1 แล้วส่องกล้องอ่านค่า ไม้ระดับหน้า (FS)

10.3 ย้ายกล้องระดับไปยังตำแหน่งที่เหมาะสมทำการตั้งกล้องระดับครั้งที่ 2 โดยใช้หลักการเดียวกับการตั้งกล้องครั้งที่ 1 แล้วส่องกล้องกลับไปยังจุด TP1 อ่านค่า BS

10.4 ตอกหมุดทำจุด TP2 โดยใช้หลักการเดียวกับการทำจุด TP1 ตั้งไม้ระดับบนจุด TP2 แล้วส่องกล้องอ่านค่า FS

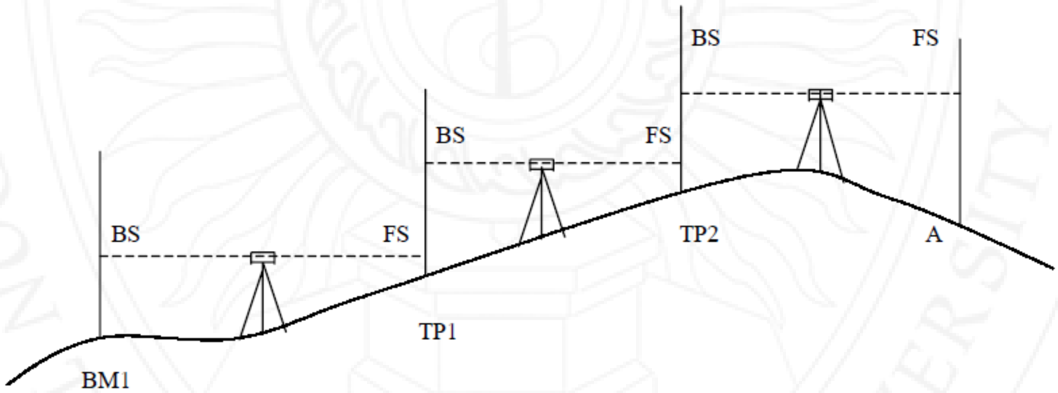
10.5 ย้ายกล้องระดับไปยังตำแหน่งถัดไป แล้วปฏิบัติเช่นเดียวกับวิธีข้างต้น จนกระทั่งถึงจุดที่ต้องการทราบค่าระดับ

5. บันทึกผล

การจดบันทึก เพื่อหาค่าระดับที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ วิธีความสูงของแนวเล็ง (The Height of Instrument Method) ซึ่งมีวิธีการจดบันทึกดังตัวอย่างดังนี้

Sta.	B.S.	F.S.	H.I	ELEV.	Remark
BM1	2.167		**221.943**	**219.776**	
TP1	2.691	0..988	**223.646**	**220.955**	
TP2	3.572	0.948	**226.270**	**222.698**	
A		3.112		**223.158**	

หมายเหตุ ตัวพิมพ์หนาเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ



6. การคำนวณ

1. HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 = Elev ของ BM1 + BS ที่อ่านได้บน BM1
2. Elev ของ TP1 = HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 . FS ที่อ่านได้บน TP1
3. HI การตั้งกล้องครั้งที่ 2 = Elev ของ TP1 + BS ที่อ่านได้บน TP1
4. Elev ของ TP2 = HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 . FS ที่อ่านได้บน TP2

5. การคำนวณ ค่าระดับที่จุดต่อๆไป ก็ทำได้โดยหลักการเดียวกัน

6. วิธีตรวจสอบการคำนวณ

SUM (BS) - SUM (FS) = ค่าระดับจุดสุดท้าย . ค่าระดับจุดแรก

7. การบันทึกผล

....
....
....
....
....
....

8. ผลการทดลองและวิเคราะห์

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

9. สรุปผลการทดลอง

....
....
....
....

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

ใบงานที่ 5

เรื่อง การหาค่าระดับตามยาว **วันที่...**

ชื่อ-สกุล.. รหัส...

1.วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการการถ่ายระดับด้วยกล้องระดับอัติโนมัติ

2. เพื่อหาค่าระดับดินตามแนวยาวของพื้นที่โดยใช้กล้องระดับและไม้ระดับ

3. เพื่อเขียนค่าระดับดินตามแนวยาว

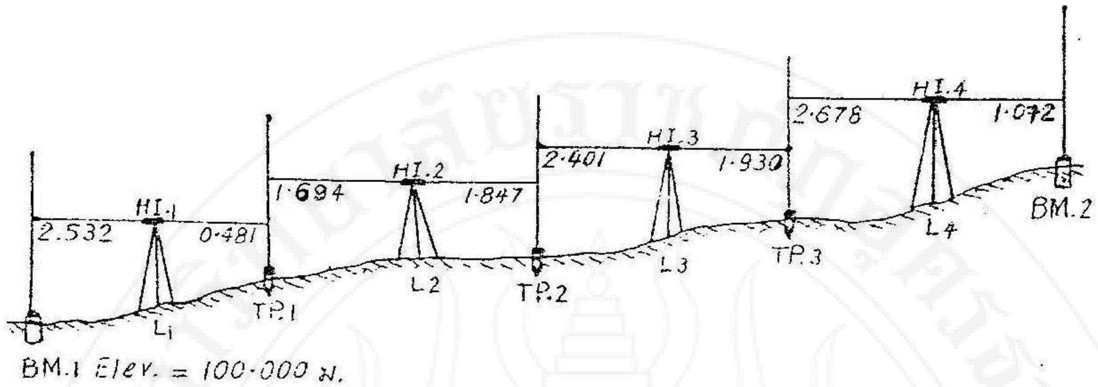
2. หลักการ

การทำระดับรูปตัดตามแนวมีจุดประสงค์เพื่อหาระดับของจุดบนพื้นผิวตามแนวทางที่กำหนด แต่การทำระดับรูปตัดขวางแนวจะหาระดับของจุดบนพื้นผิวในแนวที่ตั้งฉากกับแนวทางที่กำหนด เป็นการหาค่าระดับของจุดรายละเอียด วิธีการทำงานจะส่องไม้หลังไปยังจุดBM และส่องไม้หน้ารอง (Intermediate Foresight, IFS) ไปยังจุดต่างๆที่ต้องการรู้ค่าระดับจนมีระยะไกลพอสมควรจึงส่องไม้หน้าไปจุด BM หรือ TP ถัดไป ย้ายกล้อง ส่องไม้หลังกลับมายังจุด BM หรือ TP ที่ผ่านมา แล้วส่องจุดที่ต้องการวัดต่อไปอีก ทำต่อไปเช่นนี้จนจบงาน เช่น งานก่อสร้างทางอาจจะวัดจุดในแนวศูนย์กลางที่ระยะเต็มทุก 25 เมตร และวัดในแนวตั้งฉากออกไปซ้าย-ขวาทุก 5 เมตร การคำนวณที่เหมาะสมใช้วิธีการหาค่าระดับจากค่าระดับแนวเล็ง เพราะเมื่อหาค่าระดับแนวเล็งเพียงครั้งเดียวสามารถนำไปหาค่าระดับของจุด IFS ที่วัดในการตั้งกล้องครั้งนั้นได้ทุกจุด

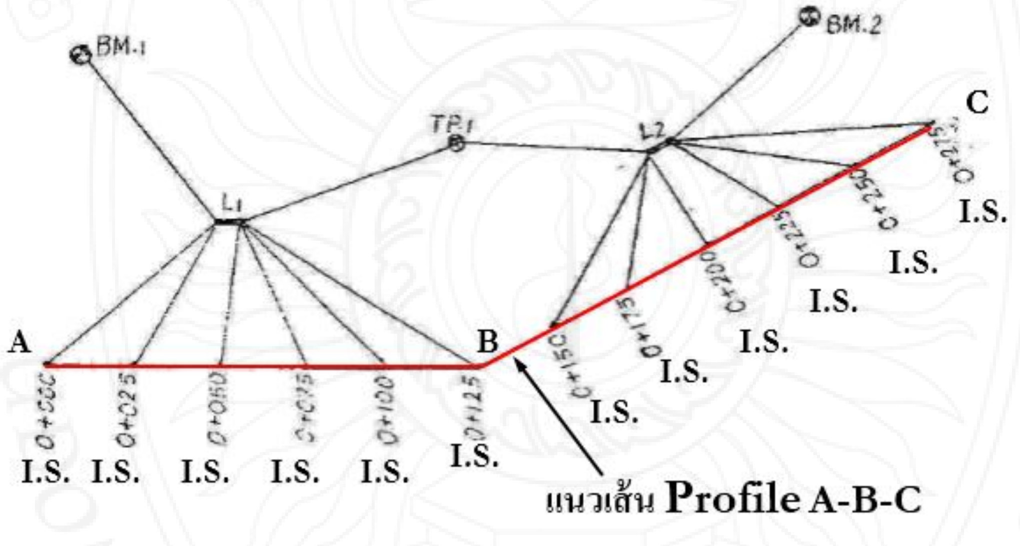
-เป็นการหาค่าระดับของจุดต่างๆ ตามแนวที่กำหนด เช่นแนวถนน คลองส่งน้ำ

-เพื่อตรวจสอบหรือเปรียบเทียบกับค่าระดับของงานที่ออกแบบหรือนำไปเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณออกแบบ

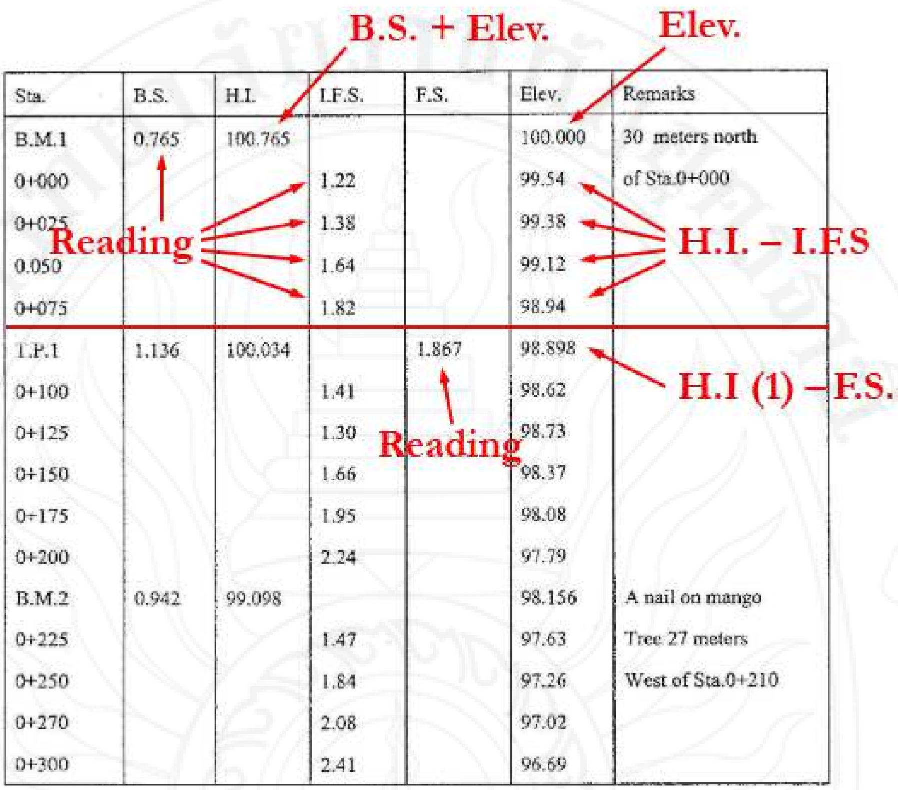
-หลักการเช่นเดียวกันกับการทำระดับแบบต่อเนื่อง แต่ในการตั้งกล้องแต่ละครั้งจะส่องไปยังไม้วัดระดับตามจุดต่างๆบนแนวที่กำหนดไว้ดังรูปข้างล่าง



ค่าระยะดิ่งที่อ่านได้จากไม้วัดระดับที่ตั้งแต่ละช่วงก่อนย้ายกล้องเรียกว่า ค่าไม้กลาง (Intermediate Foresights ; I.F.S. or I.S.)



ตัวอย่างการบันทึกข้อมูล



Sta.	B.S.	H.I.	I.F.S.	F.S.	Elev.	Remarks
B.M.1	0.765	100.765			100.000	30 meters north
0+000			1.22		99.54	of Sta.0+000
0+025			1.38		99.38	
0.050			1.64		99.12	
0+075			1.82		98.94	
T.P.1	1.136	100.034		1.867	98.898	
0+100			1.41		98.62	
0+125			1.30		98.73	
0+150			1.66		98.37	
0+175			1.95		98.08	
0+200			2.24		97.79	
B.M.2	0.942	99.098			98.156	A nail on mango
0+225			1.47		97.63	Tree 27 meters
0+250			1.84		97.26	West of Sta.0+210
0+270			2.08		97.02	
0+300			2.41		96.69	

3. เครื่องมือ

1. กล้องระดับ จำนวน 1 ตัว

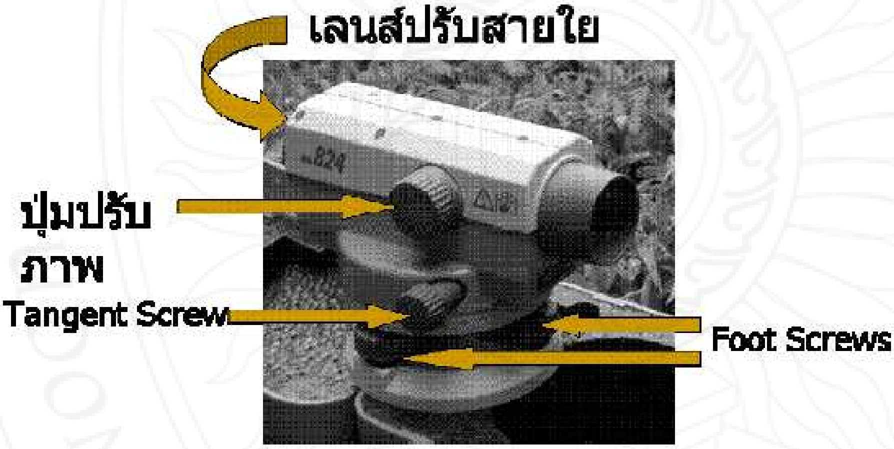
2. ไม้ระดับ จำนวน 5 อัน

3. แท่นรองไม้ระดับ จำนวน 3 อัน

4. ค้อน จำนวน 1 เต้า



ส่วนต่างๆและชนิดของกล้อง



1) Foot Screws คือ ปุ่มที่ฐานกล้องใช้ในการปรับระดับฟองกลม

2) Eye Piece Lens คือ เลนส์ตาใช้สำหรับปรับภาพสายใยให้ชัดเจน

3) Tangent Screw คือ ปุ่มปรับเลื่อนการมองภาพให้ตรงตำแหน่งไม้ระดับ

4) Focusing Screw คือ ปุ่มปรับภาพไม้ระดับให้ชัดเจน

4. วิธีปฏิบัติการ

1. กำหนดแนวสำรวจยาวประมาณ 120-150 ม. โดยตอกหมุดห่างกันทุกระยะ 20-25 ม. โดยใช้หลักเล็งในการเล็งแนวสำรวจ กำหนดสถานี 0+000,0+020,0+040,0+050 ไปเรื่อยๆ

2. ที่ตำแหน่งใกล้สถานี 0+000 กำหนดหมุดอ้างอิงที่ 1 (BM1) โดยสมมติ หรือหาจากหมุดระดับอ้างอิงมาตรฐาน

3. ตั้งกล้องระดับที่จุดที่ 1 ส่องมายัง BM1 แล้วส่องค่าอ่านระดับไม้กลางมายังสถานีที่ตั้งอยู่บนดิน ณ สถานี 0+000 และที่ไม้ระดับที่ระยะฉากต่างๆจากจุดศูนย์กลางของแนวเส้นสำรวจ ซึ่งต้องตั้งที่จุด break point ต่างๆ เช่น ร่องน้ำ หรือเนินดิน เป็นต้น

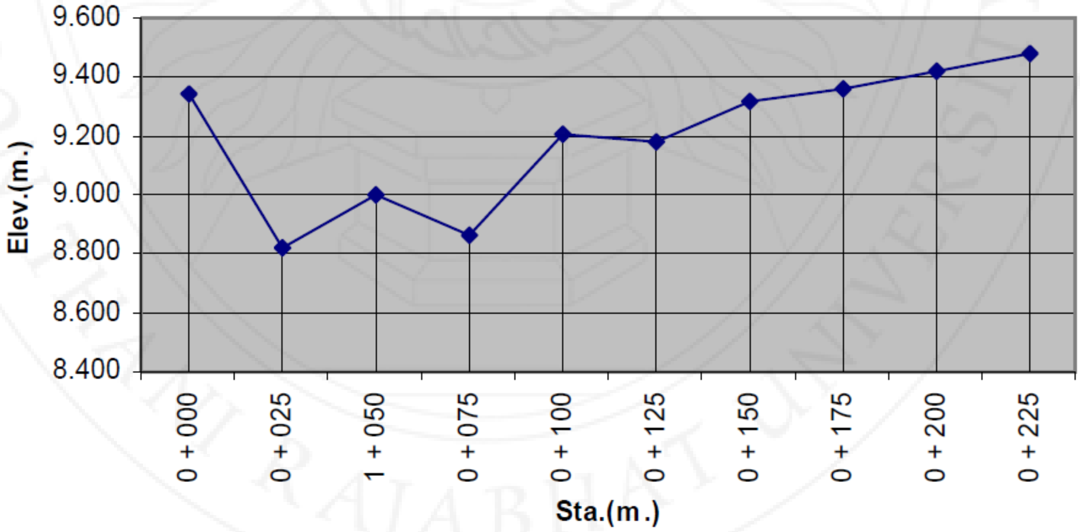
ส่องกล้องอ่านค่าระดับไม้กลาง ไปยังสถานีต่างๆซึ่งไม่ควรห่างจากจุดตั้งกล้องเดิม 100-120 ม.แต่ถ้าเกินต้องใช้จุดเปลี่ยน

4. ตอกหมุดเพื่อทำเป็นจุดเปลี่ยนที่ 1 (TP1)แล้วส่องกล้องอ่านค่าระดับไม้หน้าไปยัง TP1 พยายามให้ระยะส่องหน้าและระยะส่องหลังเท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน

5. ย้ายกล้องไปยังจุดตั้งกล้องที่ 2 ส่องไปยัง TP1 แล้วส่องกล้องอ่านค่าระดับไม้กลางไปยังสถานีต่างๆเช่นเดียวกันกับข้อ 3 ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

6. คำนวณหาค่าระดับดินของจุดต่างๆดังแสดงในตารางบันทึกข้อมูลและคำนวณข้อมูล

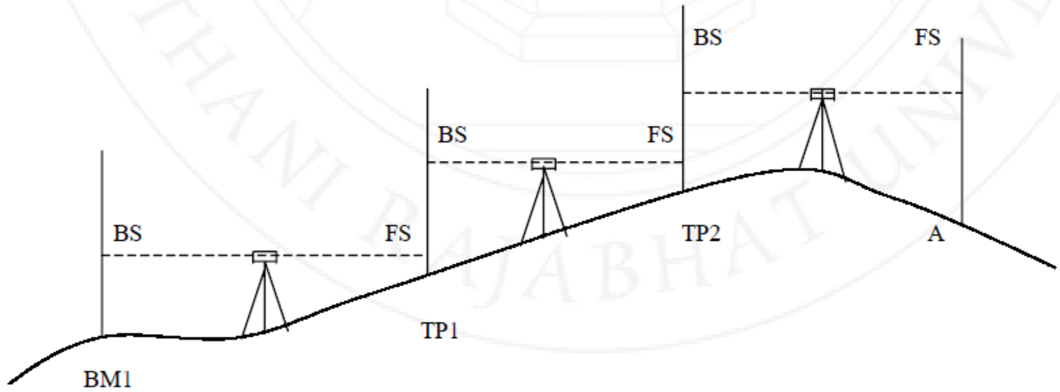
7. นำค่าระดับมาเขียนค่าระดับตามแนวยาวดังแสดงในรูปตัวอย่าง



5. บันทึกผล

การจดบันทึก เพื่อหาค่าระดับที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ วิธีความสูงของแนวเล็ง (The Height of Instrument Method) ซึ่งมีวิธีการจดบันทึกดังตัวอย่างดังนี้

Sta.	B.S.	H.I	I.F.S(I.S)	F.S.	ELEV
BM1	2.963	181.372			178.409
0+000			**2.51**		178.860
0+012			**1.15**		180.220
0+020			**1.72**		179.650
0+040			**1.65**		179.720
0+060			**1.23**		180.140
TP1	1.264	181.649		**0.987**	180.140



ใบงานที่ 5 การหาค่าระดับตามยาว

6. การคำนวณ

1. HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 = Elev ของ BM1 + BS ที่อ่านได้บน BM1
2. Elev ของ TP1 = HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 . FS ที่อ่านได้บน TP1
3. HI การตั้งกล้องครั้งที่ 2 = Elev ของ TP1 + BS ที่อ่านได้บน TP1
4. Elev ของ TP2 = HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 . FS ที่อ่านได้บน TP2
5. การคำนวณ ค่าระดับที่จุดต่อๆไป ก็ทำได้โดยหลักการเดียวกัน
6. วิธีตรวจสอบการคำนวณ

SUM (BS) - SUM (FS) = ค่าระดับจุดสุดท้าย . ค่าระดับจุดแรก

7. การบันทึกผล

....
....
....
....
....
....

8. ผลการทดลองและวิเคราะห์

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

....

....

....

....

....

9. สรุปผลการทดลอง

....

....

....

....

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

ใบงานที่ 6

เรื่อง การหาค่าระดับตามขวาง **วันที่..**

ชื่อ-สกุล.. รหัส...

1.วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการการถ่ายระดับด้วยกล้องระดับอัติโนมัติ

2. เพื่อหาค่าระดับดินตามแนวขวางของพื้นที่โดยใช้กล้องระดับและไม้ระดับ

3. เพื่อเขียนค่าระดับดินตามแนวขวาง

2. หลักการ

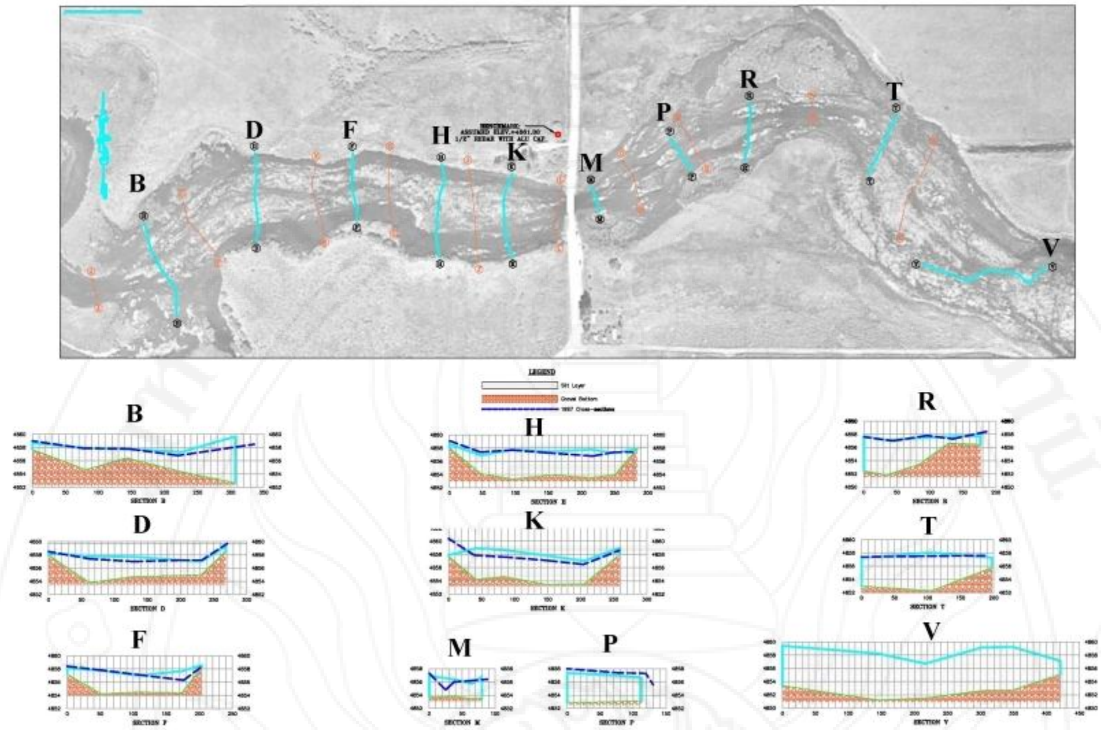
การทำระดับรูปตัดตามแนวมีจุดประสงค์เพื่อหาระดับของจุดบนพื้นผิวตามแนวทางที่กำหนด แต่การทำระดับรูปตัดขวางแนวจะหาระดับของจุดบนพื้นผิวในแนวที่ตั้งฉากกับแนวทางที่กำหนด เป็นการหาค่าระดับของจุดรายละเอียด วิธีการทำงานจะส่องไม้หลังไปยังจุดBM และส่องไม้หน้ารอง (Intermediate Foresight, IFS) ไปยังจุดต่างๆที่ต้องการรู้ค่าระดับจนมีระยะไกลพอสมควรจึงส่องไม้หน้าไปจุด BM หรือ TP ถัดไป ย้ายกล้อง ส่องไม้หลังกลับมายังจุด BM หรือ TP ที่ผ่านมา แล้วส่องจุดที่ต้องการวัดต่อไปอีก ทำต่อไปเช่นนี้จนจบงาน เช่น งานก่อสร้างทางอาจจะวัดจุดในแนวศูนย์กลางที่ระยะเต็มทุก 25 เมตร และวัดในแนวตั้งฉากออกไปซ้าย-ขวาทุก 5 เมตร การคำนวณที่เหมาะสมใช้วิธีการหาค่าระดับจากค่าระดับแนวเล็ง เพราะเมื่อหาค่าระดับแนวเล็งเพียงครั้งเดียวสามารถนำไปหาค่าระดับของจุด IFS ที่วัดในการตั้งกล้องครั้งนั้นได้ทุกจุด

-เป็นการหาค่าระดับของจุดต่างๆ บนความกว้างหน้าตัดซึ่งตั้งฉากกับแนวที่กำหนด

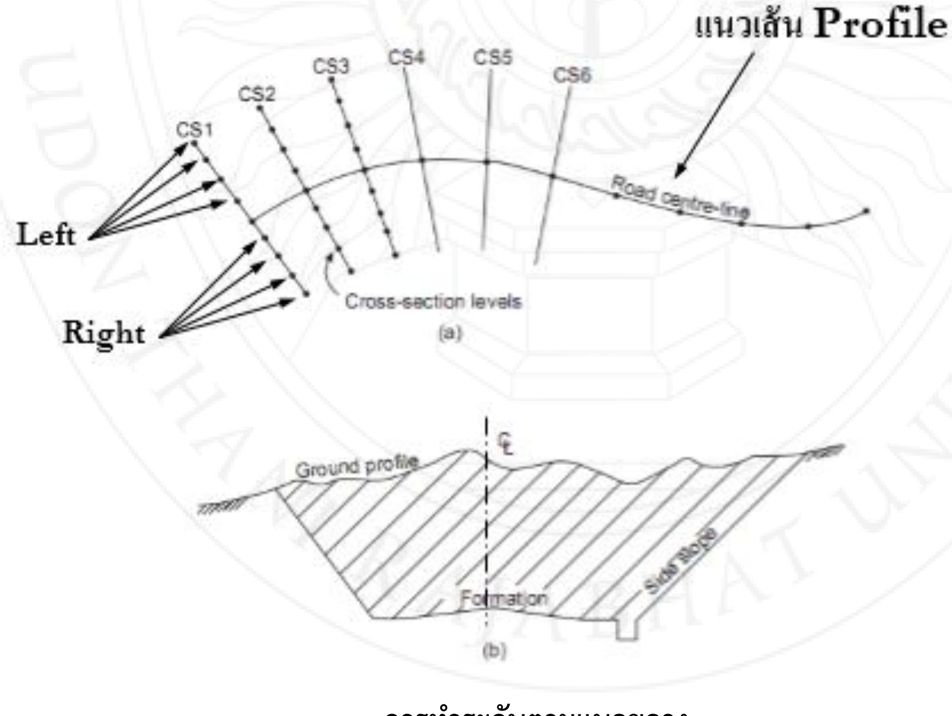
-เพื่อตรวจสอบหรือเปรียบเทียบกับค่าระดับของงานที่ออกแบบหรือนำไปเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณออกแบบ

-หลักการเช่นเดียวกันกับการทำระดับตามแนวยาว แตในการตั้งกล้องแต่ละครั้งจะส่องไปยังไม้วัดระดับตามจุดต่างๆบนแนวหน้าตัดที่กำหนดไว้

ค่าระยะดิ่งที่อ่านได้จากไม้วัดระดับที่ตั้งแต่ละช่วงก่อนย้ายกล้องเรียกว่า ค่าไม้กลาง (Intermediate Foresights ; I.F.S. or I.S.)

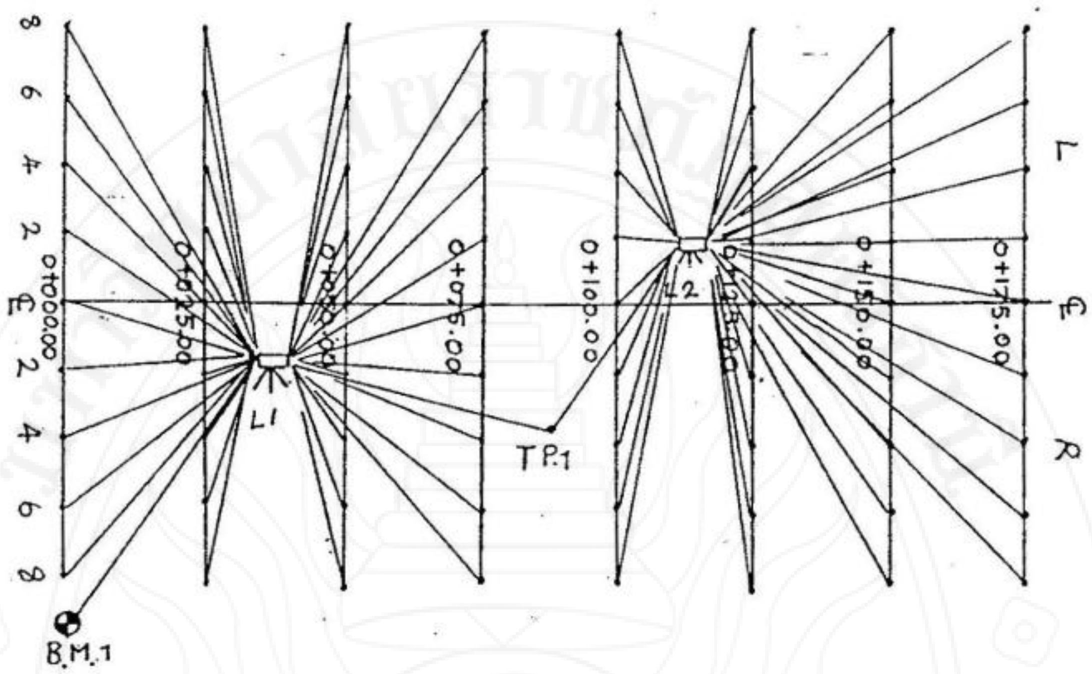


ตัวอย่างการทำระดับตามแนวขวาง

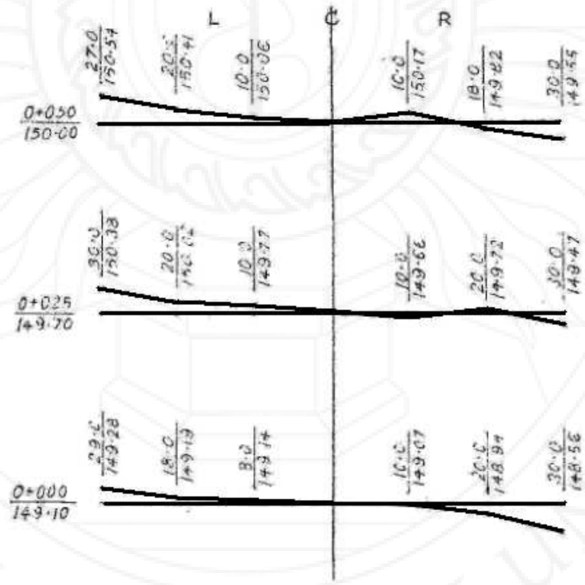


การทำระดับตามแนวขวาง

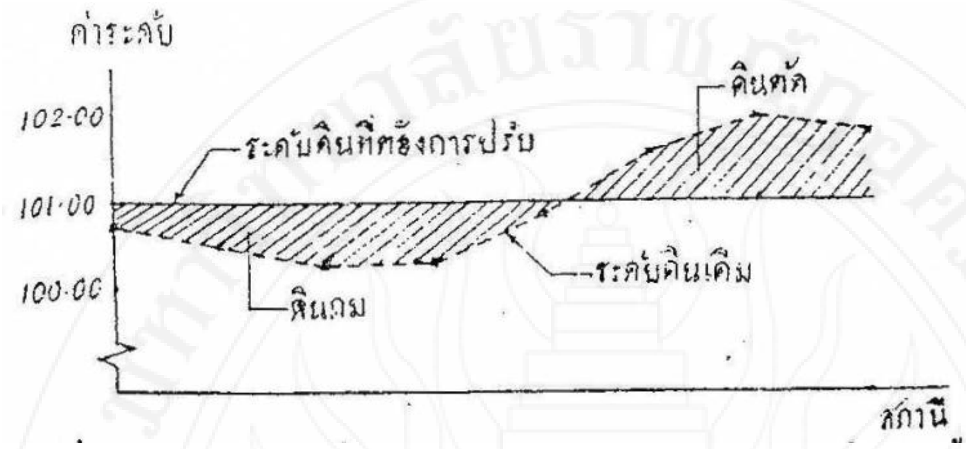
ใบงานที่ 5 การหาค่าระดับตามขวาง



การทำระดับตามแนวขวาง



ตัวอย่างการเขียนเส้น Cross Section Profile



ตัวอย่างการเขียนเส้น Cross Section Profile เพื่อคำนวณระดับดินตัด-ดินถม

ตัวอย่างการบันทึกข้อมูล

B.S. + Elev. → H.I. ; Elev. → Elev. ; Reading → Rod ; H.I. – Reading → Elev.

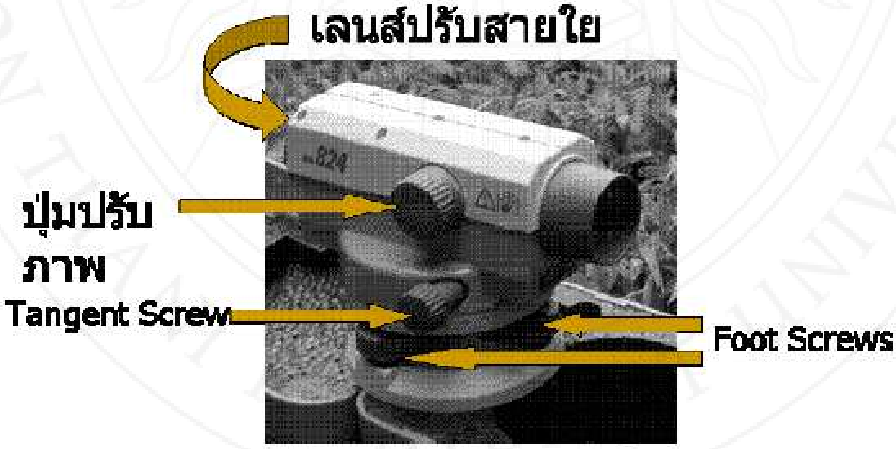
Sta.	B.S	H.I.	Elev.		Left			Right.		
0+000	2.42	152.42	150.00	Dist.	27	20	10	10	18	30
				Rod.	1.88	2.01	2.36	2.25	2.60	2.87
				Elev.	150.54	150.41	150.06	150.17	149.82	149.55
0+025			149.70	Dist.	30	20	10	10	20	30
				Rod.	2.04	2.40	2.65	2.76	2.70	2.95
				Elev.	150.38	150.02	149.77	149.66	149.72	149.47
0+050	1.84	150.94	149.10	Dist.	29	18	8	10	20	30
				Rod.	1.66	1.75	1.80	1.87	2.00	2.38
				Elev.	149.28	149.19	149.14	149.07	148.94	148.56

3. เครื่องมือ

1. กล้องระดับ จำนวน 1 ตัว
2. ไม้ระดับ จำนวน 5 อัน
3. แท่นรองไม้ระดับ จำนวน 3 อัน
4. ค้อน จำนวน 1 เต้า



ส่วนต่างๆและชนิดของกล้อง



1) Foot Screws คือ ปุ่มที่ฐานกล้องใช้ในการปรับระดับฟองกลม

2) Eye Piece Lens คือ เลนส์ตาใช้สำหรับปรับภาพสายใยให้ชัดเจน

3) Tangent Screw คือ ปุ่มปรับเลื่อนการมองภาพให้ตรงตำแหน่งไม้ระดับ

4) Focusing Screw คือ ปุ่มปรับภาพไม้ระดับให้ชัดเจน

4. วิธีปฏิบัติการ

1. กำหนดแนวสำรวจยาวประมาณ 120-150 ม. โดยตอกหมุดห่างกันทุกระยะ 20-25 ม. โดยใช้หลักเล็งในการเล็งแนวสำรวจ กำหนดสถานี 0+000,0+020,0+040,0+050 ไปเรื่อยๆ

2. ที่ตำแหน่งใกล้สถานี 0+000 กำหนดหมุดอ้างอิงที่ 1 (BM1) โดยสมมติ หรือหาจากหมุดระดับอ้างอิงมาตรฐาน

3. ตั้งกล้องระดับที่จุดที่ 1 ส่องมายัง BM1 แล้วส่องค่าอ่านระดับไม้กลางมายังสถานีที่ตั้งอยู่บนดิน ณ สถานี 0+000 และที่ไม้ระดับที่ระยะฉากต่างๆจากจุดศูนย์กลางของแนวเส้นสำรวจ ซึ่งต้องตั้งที่จุด break point ต่างๆ เช่น ร่องน้ำ หรือเนินดิน เป็นต้น

ส่องกล้องอ่านค่าระดับไม้กลาง ไปยังสถานีต่างๆซึ่งไม่ควรห่างจากจุดตั้งกล้องเดิม 100-120 ม.แต่ถ้าเกินต้องใช้จุดเปลี่ยน

4. ตอกหมุดเพื่อทำเป็นจุดเปลี่ยนที่ 1 (TP1)แล้วส่องกล้องอ่านค่าระดับไม้หน้าไปยัง TP1 พยายามให้ระยะส่องหน้าและระยะส่องหลังเท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน

5. ย้ายกล้องไปยังจุดตั้งกล้องที่ 2 ส่องไปยัง TP1 แล้วส่องกล้องอ่านค่าระดับไม้กลางไปยังสถานีต่างๆเช่นเดียวกันกับข้อ 3 ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

6. คำนวณหาค่าระดับดินของจุดต่างๆดังแสดงในตารางบันทึกข้อมูลและคำนวณข้อมูล

7. นำค่าระดับมาเขียนค่าระดับตามแนวยาวดังแสดงในรูปตัวอย่าง

5. บันทึกผล

การจดบันทึก เพื่อหาค่าระดับที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ วิธีความสูงของแนวเล็ง (The Height of Instrument Method) ซึ่งมีวิธีการจดบันทึกดังตัวอย่างดังนี้

การหาค่าระดับตามรูปตัดทางขวาง

Profile and crossection leveling

Sta.	B.S.	H.I.	F.S.	Elev.		Description								
						Left				CL.	Right			
						4	3	2	1	0	1	2	3	4

6. การคำนวณ

1. HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 = Elev ของ BM1 + BS ที่อ่านได้บน BM1
2. Elev ของ TP1 = HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 . FS ที่อ่านได้บน TP1
3. HI การตั้งกล้องครั้งที่ 2 = Elev ของ TP1 + BS ที่อ่านได้บน TP1
4. Elev ของ TP2 = HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 . FS ที่อ่านได้บน TP2
5. การคำนวณ ค่าระดับที่จุดต่อๆไป ก็ทำได้โดยหลักการเดียวกัน
6. วิธีตรวจสอบการคำนวณ

SUM (BS) - SUM (FS) = ค่าระดับจุดสุดท้าย . ค่าระดับจุดแรก

7. การบันทึกผล

....
....
....
....
....
....

8. ผลการทดลองและวิเคราะห์

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

9. สรุปผลการทดลอง

....
....
....
....

ใบงานที่ 7

เรื่อง การตั้งกล้องวัดมุม **วันที่...**

ชื่อ-สกุล... รหัส...

1.วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้รู้จักส่วนต่างๆ ของกล้องวัดมุม Theodolite

2) เพื่อให้ตั้งกล้องวัดมุม Theodolite ได้อย่างถูกต้อง

3) เพื่อให้วัดมุมราบด้วยวิธีวัดทิศทาง และวัดมุมดิ่งของตำแหน่งจุดที่ต้องการ ด้วยกล้องวัดมุม Theodolite ได้

2. หลักการ

การวัดในงานสำรวจภาคสนาม ปริมาณที่วัดได้ประกอบด้วยปริมาณต่างๆ ได้แก่ ระยะเอียง (Slope Distance, OC) ระยะราบ (Horizontal Distance, OB) ระยะดิ่ง (Vertical Distance, CB) มุมราบ(Horizontal Angle) มุมดิ่ง (Vertical Angle) มุมดิ่งบน (Zenith Angle) หากมีปริมาณที่วัดเพียงพอก็สามารถคำนวณปริมาณอื่นได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต ซึ่งในงานสำรวจรังวัดมุม ก็เป็นปริมาณหนึ่งที่มีความสำคัญในเชิงเรขาคณิต การวัดมุมจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญในการสำรวจภาคสนาม และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมุมไม่ว่าจะเป็นมุมราบ หรือมุมดิ่ง เรียกว่า “กล้องวัดมุม”(Theodolite)

3 การตั้งกล้องวัดมุม Theodolite

การใช้กล้องวัดมุม Theodolite ตัวกล้องต้องทำการติดตั้งบนสามขา (Tripod) แล้วทำการตั้งให้ตรงจุดบนพื้นดิน ซึ่งเป็นตำแหน่งจุดของมุมที่ต้องการวัด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ให้ยืดขากล้องในลักษณะหุบขาขึ้นมาตรงๆ จนได้ระดับในแนวสายตา แล้วล็อคขากล้องไว้ไม่ให้เลื่อน รูปที่ 6.1 (1)

2) การกางขากล้องให้ประมาณตำแหน่งของหัวสามขา อยู่เหนือตำแหน่งหมุดสถานี กางขาออกให้หัวสามขาอยู่ในระดับหน้าอก เมื่อติดตั้งกล้องแล้วกล้องจะอยู่ในระดับสายตาพอดี รูปที่ 6.1 (2)

3) ให้เหยียบขากล้องด้านหนึ่งให้ยึดกับพื้นดิน โดยอีกสองขายังไม่ต้องเหยียบ และจัดให้ระนาบของหัวสามขา อยู่ในแนวราบโดยประมาณ รูปที่ 6.1 (3)



(1) (2) (3)

4) นำกล้องวัดมุม Theodolite มาติดตั้งบนหัวสามขา โดยวางให้อยู่ในลักษณะที่สอดคล้องกับรูปร่างสามเหลี่ยมของหัวสามขา รูปที่ 6.2 (1)-(2) แล้วขันสกรูใต้หัวสามขายึดเข้ากับตัวกล้องเพียงแค่รู้สึกตึงมือเท่านั้น ไม่ขันจนแน่นเกินไป รูปที่ 6.2 (3) พร้อมทั้งปรับ Foot Screws ทั้งสามให้อยู่ในตำแหน่งตรงกลาง



(1) (2) (3)

5) ให้ยืนอยู่ระหว่างขากล้องสองขาที่ยังไม่ได้เหยียบ และหันตัวกล้องด้านที่มี Optical Plummet ทำการปรับสายใยให้ชัดด้วยการหมุน และปรับภาพให้ชัดด้วยการดึงเข้าออก เพื่อจะทำการตั้งกล้องให้ตรงจุดบนพื้นดิน

6) การตั้งกล้องตรงจุดให้เริ่มต้นยืนเอาปลายเท้าชี้ตำแหน่งจุดบนพื้นดิน และใช้มือจับขากล้องสองขาดังกล่าว ยกเลื่อนในขณะที่ตามองที่ Optical Plummet ให้เห็นจุดบนพื้นดิน การยกเลื่อนขากล้อง พยายามรักษาระดับของฐานหัวสามขาอยู่ในแนวระนาบราบ และจุดบนพื้นดินอยู่ใกล้สายใยมากที่สุด รูปที่ 6.3 เหยียบขากล้องที่เหลือสองขาให้มั่นคง



การยกเลื่อนกล้องให้ตรงจุด

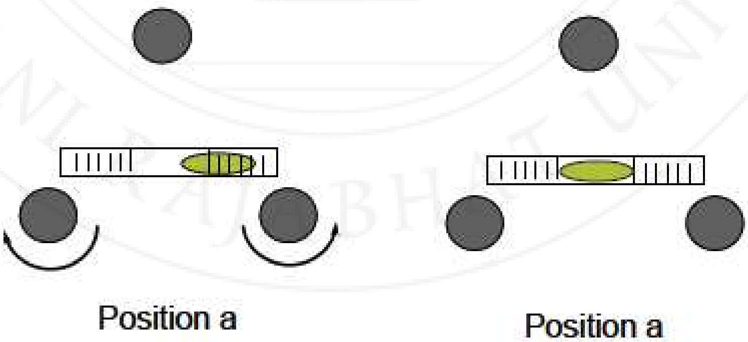
7) เลือกปรับสกรูปรับระดับ (Foot Screw) ตัวที่ทำให้สายใยของ Optical Plummet ตรงกับจุดบนพื้นดิน

8) ทำการปรับระดับเบื้องต้นของกล้องโดยดูที่ลูกน้ำฟองกลม (Circular Bubble) ด้วยการเลือกปรับขากล้องขึ้นลง ให้ลูกน้ำฟองกลมเข้ากลาง

9) ดูในช่อง Optical plummet หากสายใยเคลื่อนออกจากจุด ให้คลายสกรูยึดกล้อง แล้วเลื่อนกล้องบนสามขาให้ตรงจุด ซึ่งหากต้องเลื่อนมาก ให้ทำการตั้งกล้องใหม่

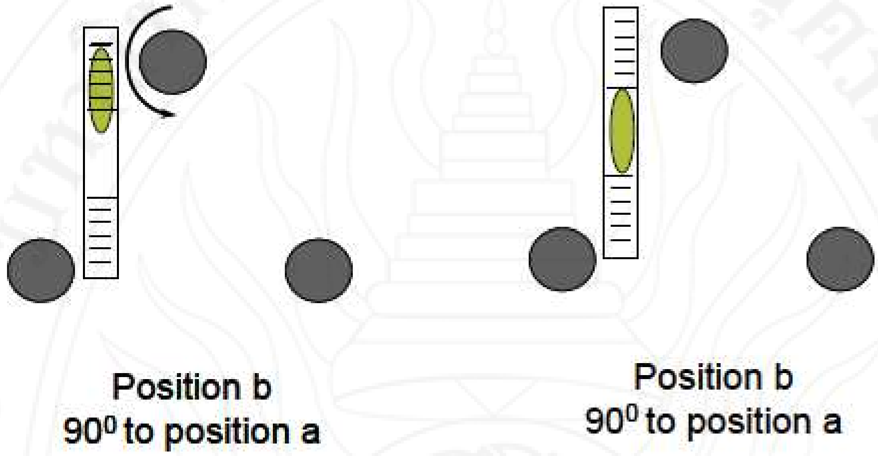
10) ตรวจดูลูกน้ำฟองกลมหากเคลื่อนออกเพียงเล็กน้อยให้ปรับที่สกรูปรับระดับ (Foot Screw) หากเคลื่อนออกมาให้ทำซ้ำตามขั้นตอน 8

11) ทำการปรับระดับกล้องอย่างละเอียด โดยปรับที่หลอดระดับฟองยาวด้วยการหมุนกล้องให้หลอดระดับวางตัวในแนวขนานกับสกรูปรับระดับ (Foot Screws) สองตัว ดังรูป 6.4 และทำการปรับหมุนสกรูปรับระดับ (Foot Screws) คู่นั้นในทิศทางเข้าหรือออกจากกัน เพื่อให้ฟองอากาศอยู่ตรงกลาง



การปรับระดับกล้องในแนวขนานสกรูปรับระดับ (Foot Screws) 2 ตัว

12) ให้หมุนตัวกล้องไป 90o เพื่อให้หลอดระดับอยู่ตรงกับสกรูปรับระดับ (Foot Screw) ตัวที่สาม รูปที่ 6.5 และทำการปรับหมุนสกรูปรับระดับ (Foot Screw) ตัวนั้น ให้ฟองอากาศอยู่ตรงกลาง



4 การใช้กล้องวัดมุม

หลังจากตั้งกล้องวัดมุม Theodolite ได้ระดับ ในการใช้กล้องวัดมุม Theodolite มีส่วนประกอบของกล้องที่ต้องทำความรู้จักและใช้อย่างถูกต้อง (ดูรูป 6.3 ประกอบ) คือ

1) ปุ่ม Upper Clamp คือ ปุ่มล็อคการหมุนรอบแกนดิ่งของกล้องเล็งมิให้เคลื่อนที่ ใช้เมื่อเล็งได้ตำแหน่งที่ต้องการโดยประมาณ

2) Upper Tangent Screw คือ ปุ่มสำหรับปรับเคลื่อนแนวเล็งในแนวราบอย่างช้าๆ เพื่อให้สายใยเข้ากลางตำแหน่งจุดที่วัดในแนวราบ

3) Vertical Clamp เป็นปุ่มล็อคกล้องเล็งมิให้หมุนในแนวระนาบดิ่ง ใช้สำหรับเล็งตำแหน่งจุดให้ได้ในแนวดิ่ง หรือ ก็คือ การวัดมุมบนระนาบดิ่ง เมื่อเล็งได้ตำแหน่งโดยประมาณต้องล็อคเช่นเดียวกับข้อที่ 1

4) Vertical Tangent Screw คือ ปุ่มสำหรับปรับเคลื่อนแนวเล็งในแนวดิ่งอย่างช้าๆ เพื่อให้สายใยเข้ากลางตำแหน่งจุดที่วัดในแนวดิ่ง

การปรับภาพชัดที่กล้องเล็ง ต้องทำการปรับไม่ให้เกิดภาพเหลื่อม (Parallax) ระหว่างภาพ

ใบงานที่ 7 การตั้งกล้องวัดมุม

ของสายใยและภาพวัตถุ สังเกตได้จากการมองที่ขยับตาไปมา ภาพของสายใยและภาพวัตถุไม่ขยับแยกจากัน การปรับให้ปรับความคมชัดของสายใยที่เลนส์ตา (Eye piece Focus) ก่อน แล้วจึงปรับความคมชัดของภาพวัตถุที่เล็ง โดยปรับที่เลนส์วัตถุ (Focus Knob)การอ่านค่าจานองศาของทิศทางที่เล็ง ต้องศึกษาวิธีการอ่านของกล้องแต่ละชนิดจากคู่มือหากเป็นระบบเลนส์ จะต้องไม่ลืมที่จะปรับความคมชัดเสียก่อนจึงอ่านค่า

5. เครื่องมือ

1) กล้องวัดมุม Theodolite T1 จำนวน 1 กล้อง

2) ขาตั้งกล้อง Theodolite (Tripod) จำนวน 1 ขา

3) Peg ไม้ จำนวน 1 อัน

4) ค้อน จำนวน 1 อัน

5) ปากกา หรือ ดินสอ หมายตำแหน่งจุดตั้งกล้องบนหัว peg

6. การบันทึกข้อมูล

ในการทำงานสำรวจการบันทึกข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญ การมีขั้นตอนจะช่วยป้องกันการเกิดความผิดพลาด (Mistake) ในระหว่างปฏิบัติงาน โดยต้องมีผู้ช่วยบันทึกข้อมูลและให้ปฏิบัติดังนี้

1) ผู้ใช้เครื่องมือขานข้อมูลที่อ่านได้จากเครื่อง และผู้บันทึกทำหน้าที่บันทึกข้อมูล

2) ผู้บันทึกข้อมูลเมื่อบันทึกเสร็จแล้ว ต้องทวนข้อมูลที่บันทึกให้ผู้ใช้เครื่องมืออีกครั้ง

3) ผู้ใช้เครื่องมือต้องฟังการทวนข้อมูล พร้อมกับการทวนค่าที่ได้จากเครื่องมือว่าถูกต้องหรือไม่

7. วิธีปฏิบัติ

1) ให้ตอก peg กำหนดจุดสถานีตั้งกล้องในบริเวณที่เหมาะสมที่สามารถมองเห็นเป้าหมายที่ต้องการได้ชัดเจน

2) ในการวัดมุมแต่ละคนให้ดำเนินการตั้งกล้องใหม่ทุกครั้ง

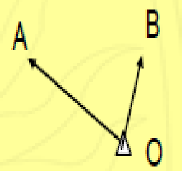
3) ให้อ่านค่าจานองศาทั้งจานองศาราบและจานองศาดิ่ง และบันทึกตามตารางที่กำหนด

4) การทำงานห้ามมิให้จดข้อมูลเอง ให้ผู้อื่นทำหน้าที่จดแทน

5) เมื่อทำงานเสร็จแล้วให้ถอน peg ไปเก็บไว้ที่เดิม

8. บันทึกผล

การบันทึกข้อมูลให้จัดเตรียมตารางในสมุดสนามของและคน พร้อมบันทึกชื่อผู้จดบันทึกข้อมูล และสเกตภาพตำแหน่งวัตถุที่รังวัดทิศทาง ไว้ด้านขวาของสมุดสนาม

Sta	Pos	Obj	Hor. Rdg.	Vert. Rdg.	Av. H. Rdg.	Hor. Ang.	Av. V. Rdg.	Remarked
O	L	A	00° 00' 00"	38° 43' 09"	00° 00' 02"	42° 12' 13"	38° 43' 11"	
	L	B	42° 12' 14"	47° 21' 36"	42° 12' 15"		47° 21' 34"	
	R	B	222° 12' 16"	312° 38' 28"				
	R	A	180° 00' 04"	321° 16' 46"				

9. การคำนวณ

การคำนวณ ค่าเฉลี่ยทิศทางราบ A

1. HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 = Elev ของ BM1 + BS ที่อ่านได้บน BM1
2. Elev ของ TP1 = HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 . FS ที่อ่านได้บน TP1
3. HI การตั้งกล้องครั้งที่ 2 = Elev ของ TP1 + BS ที่อ่านได้บน TP1
4. Elev ของ TP2 = HI การตั้งกล้องครั้งที่ 1 . FS ที่อ่านได้บน TP2
5. การคำนวณ ค่าระดับที่จุดต่อๆไป ก็ทำได้โดยหลักการเดียวกัน
6. วิธีตรวจสอบการคำนวณ

SUM (BS) - SUM (FS) = ค่าระดับจุดสุดท้าย . ค่าระดับจุดแรก

10. การบันทึกผล

....
....
....
....
....
....

11. ผลการทดลองและวิเคราะห์

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

12. สรุปผลการทดลอง

....
....
....
....

ใบงานที่ 7 การตั้งกล้องวัดมุม

ใบงานที่ 8

เรื่อง การสำรวจด้วยกล้องเข็มทิศ **วันที่...**

ชื่อ-สกุล.. รหัส..

1.วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้รู้ถึงความสำคัญและวัตถุประสงค์ของงานวงรอบ

2) เพื่อให้ทำงานสำรวจรังวัดวงรอบได้

3) เพื่อให้เข้าใจในข้อกำหนดชั้นงานรังวัดวงรอบ

4) เพื่อให้ปฏิบัติงานสำรวจรังวัดวงรอบตามข้อกำหนดของงานได้

5) เพื่อให้คำนวณปรับแก้มุมวงรอบได้

6) เพื่อให้คำนวณปรับแก้วงรอบด้วยวิธี Compass Rule ได้

วงรอบเป็นงานสำรวจรังวัดเพื่อหาค่าพิกัดทางราบ (X,Y) ของจุดสถานีตั้งกล้อง เพื่อใช้เป็นหมุดหลักฐานทางราบ (Horizontal Control Point) สำหรับการหาค่าพิกัดตำแหน่งของจุดต่างๆ ในบริเวณใกล้เคียง ด้วยวิธีการรังวัดทิศทางและระยะทางราบอย่างต่อเนื่อง จุดสถานีตั้งกล้องเหล่านี้เรียกว่า “หมุดวงรอบ” (Traverse Station) งานวงรอบเหมาะสำหรับงานสำรวจที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดเล็ก การสำรวจหมุดหลักฐานทางราบที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ในอดีตมักจะใช้วิธีการสำรวจด้วยโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulation Networks) ซึ่งมีข้อจำกัดในการทำงานมากมาย ปัจจุบันใช้วิธีการสำรวจหาตำแหน่งด้วยดาวเทียมระบบ GPS (Global Positioning System) แทน การคำนวณค่าพิกัดของงานวงรอบยังคงคำนวณในลักษณะบนพื้นผิวระนาบเป็นระบบพิกัดฉาก ซึ่งแตกต่างจากงานสำรวจที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่การคำนวณจะคำนวณอยู่บนพื้นผิวโค้งรูปทรงรี (Ellipsoidal Surface)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ต้องศึกษา

1) นิยามวงรอบ

2) ประเภทของวงรอบ

3) การรังวัดวงรอบ

4) การคำนวณงานวงรอบ

3. ขั้นตอนการทำงานวงรอบ

งานวงรอบมีข้อมูลที่ต้องการรังวัด คือ ค่าทิศทางของด้านวงรอบและระยะทางราบของเส้นวงรอบทุกเส้น โดยการเคลื่อนที่จุดตั้งกล้องไปยังสถานีถัดไปให้เดินในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา จะทำให้มุมที่วัดได้เป็นมุมกวาดตามเข็มนาฬิกาเช่นเดียวกับการกวาดของจานองศา โดยเริ่มต้นการทำงานดังนี้

1) ตั้งกล้องวัดมุมที่จุดที่ทราบค่าพิกัด วัดทิศทางค่าจานองศาราบของสถานีหลังซึ่งเป็นจุดที่ค่าพิกัดเช่นเดียวกัน และวัดไปยังสถานีหน้า ทำให้สร้างความสัมพันธ์ของค่าอะซิมุท (Azimuth) ของเส้นวงรอบได้

2) ให้ทำการวัดระยะทางราบของเส้นวงรอบทุกเส้น โดยดำเนินการไปพร้อมกัน หรือ แยกดำเนินก็ได้ ขึ้นอยู่เครื่องมือที่ใช้

3) ย้ายกล้องไปตั้งยังสถานีถัดไป ซึ่งเป็นสถานีหน้าของการตั้งกล้องครั้งที่ผ่านมา ให้ดำเนินการวัดทิศทางเช่นเดียวกันกับข้อที่ 1 จนกระทั่งครบทุกสถานีที่ต้องทำการรังวัด

4. ตารางข้อกำหนดตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee

Classification	*First Order*	*Second Order*		*Third Order*	
		Class I	*Class II*	*Class I*	*Class II*
Recommended spacing of principal stations	Network stations 10-15 km. Other surveys seldom less than 3 km.	Principal stations seldom less than 4 km. except in metropolitan area surveys where the limitation is 0.3 km.	Principal stations seldom less than 2 km. except in metropolitan area surveys where the limitation is 0.2 km.	Seldom less than 0.1 km. in tertiary surveys in metropolitan area surveys. As required for other surveys.	
Horizontal directions or Angles Instrument Number of observations Rejection limit from mean	 0.2" 16 4"	 0.2" / 1.0" 8 OR 12* 4" / 5"	 0.2" / 1.0" 6 OR 8* 4" / 5"	 1.0" 4 5"	 1.0" 2 5"
Legth measurements Standard error	1 part in 600,000	1 part in 300,000	1 part in 120,000	1 part in 60,000	1 part in 30,000
Reciprocal vertical angle observations Number of and spread between observations Number of stations between known elevations	 3 D/R --- 10" 4-6	 3 D/R --- 10" 6-8	 2 D/R --- 10" 8-10	 2 D/R --- 10" 10-15	 2 D/R --- 20" 15-20
Astro azimuths Number of courses between azimuths chaecks No. of obs./night No. of nights Standard error Azimuth closure at azimuth check point not to exceed	 5-6 16 2 0.45" 1.0" per station or 2"√N	 10-12 16 2 0.45" 1.5" per station or 3"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 2.0" per station or 3"√N	 15-20 12 1 1.5" 2.0" per station or 6"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 4.0" per station or 8"√N	 20-25 8 1 3.0" 3.0" per station or 10"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 6.0" per station or 15"√N	 30-40 4 1 8.0" 8.0" per station or 30"√N
Position closure after azimuth adjustment	0.04mm√K or 1:100,000	0.08mm√K or 1:50,000	0.2mm√K or 1:20,000	0.4mm√K or 1:10,000	0.8mm√K or 1:5,000

* May be reduced to 8 and 4, respectively, in metropolitan areas.

3. เครื่องมือ

1) กล้องวัด Total Station Leica รุ่น TC307 จำนวน 1 กล้อง

2) ขาตั้งกล้อง (Tripod) จำนวน 1 ขา

3) เป้าปริซึม (Prism Reflector) จำนวน 2 ดวง

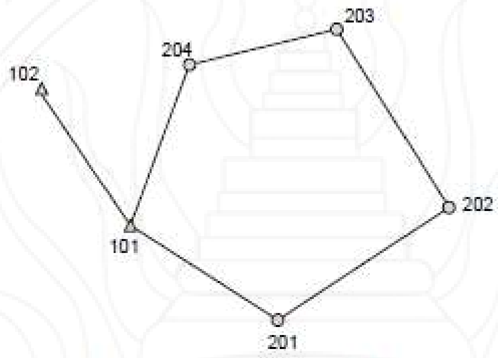
4) ขาตั้งเป้าปริซึม จำนวน 2 ขา

5) Peg ไม้ จำนวน 3 อัน

6) ค้อน จำนวน 1 อัน

5 วิธีปฏิบัติ

1) กำหนดให้วงรอบเป็นวงรอบ 4 สถานี โดยแต่ละกลุ่มมีจุดที่ทราบค่าพิกัด 2 จุด และมีลักษณะเช่นเดียวกับรูป



ลักษณะวงรอบที่กำหนด

2) ให้แต่ละกลุ่มจัดทำรายละเอียดตำแหน่งหมุดสถานีวงรอบ

3) ให้แต่ละกลุ่มทำการวัดวงรอบจำนวน 4 สถานี

4) ข้อกำหนดการวัดวงรอบเบื้องต้นในการปฏิบัติการ

5) วัดมุมจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดต่างจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 10 second

6) ระยะทางวัดไปกลับมีค่า accuracy ไม่น้อยกว่า 1:15,000

7) ค่าคลาดเคลื่อนของผลรวมมุมภายในวงรอบไม่เกิน $30'' \sqrt{N}$

8) ทำการรังวัดถ่ายค่า Azimuth เข้าสู่เส้นวงรอบ

9) คำนวณปรับแก้ค่ามุมภายในวงรอบตามเงื่อนไข $(n - 2)180^0$

6. ข้อปฏิบัติ

1) การเลือกสถานีวงรอบต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 80 เมตร

2) ให้ใช้หมุดควบคุมที่กำหนดให้ 1 หมุดเป็นสถานีเริ่มต้น

3) ให้ใช้แนวเส้นหมุดที่กำหนดเป็นแนว Azimuth เริ่มต้น

4) เมื่อดำเนินการเสร็จแล้วให้ถอน Peg ไปเก็บคืนไว้ที่เดิม

5) การวัดมุมให้ตั้งค่าเริ่มต้นมุม Back-sight ดังนี้

- ชุดที่ 1 ที่ประมาณ 0 องศา
- ชุดที่ 2 ที่ประมาณ 90 องศา

6) การวัดระยะทางเส้นวงรอบให้บันทึกค่าระยะทางราบ

6. ตารางการจดบันทึกข้อมูล

Sta.	Pos.	Obj.	Hor.Rdg.	Mean.	Hor. Angle	Hor. Dist	Mean H.D	Remark

7. ข้อสังเกตอื่นๆ

....
....
....
....

8. ผลการทดลองและวิเคราะห์

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

9. สรุปผลการทดลอง

....
....
....
....
....
....

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

ใบงานที่ 8

เรื่อง การสำรวจด้วยกล้องเข็มทิศ **วันที่...**

ชื่อ-สกุล.. รหัส..

1.วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้รู้ถึงความสำคัญและวัตถุประสงค์ของงานวงรอบ

2) เพื่อให้ทำงานสำรวจรังวัดวงรอบได้

3) เพื่อให้เข้าใจในข้อกำหนดชั้นงานรังวัดวงรอบ

4) เพื่อให้ปฏิบัติงานสำรวจรังวัดวงรอบตามข้อกำหนดของงานได้

5) เพื่อให้คำนวณปรับแก้มุมวงรอบได้

6) เพื่อให้คำนวณปรับแก้วงรอบด้วยวิธี Compass Rule ได้

วงรอบเป็นงานสำรวจรังวัดเพื่อหาค่าพิกัดทางราบ (X,Y) ของจุดสถานีตั้งกล้อง เพื่อใช้เป็นหมุดหลักฐานทางราบ (Horizontal Control Point) สำหรับการหาค่าพิกัดตำแหน่งของจุดต่างๆ ในบริเวณใกล้เคียง ด้วยวิธีการรังวัดทิศทางและระยะทางราบอย่างต่อเนื่อง จุดสถานีตั้งกล้องเหล่านี้เรียกว่า “หมุดวงรอบ” (Traverse Station) งานวงรอบเหมาะสำหรับงานสำรวจที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดเล็ก การสำรวจหมุดหลักฐานทางราบที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ในอดีตมักจะใช้วิธีการสำรวจด้วยโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulation Networks) ซึ่งมีข้อจำกัดในการทำงานมากมาย ปัจจุบันใช้วิธีการสำรวจหาตำแหน่งด้วยดาวเทียมระบบ GPS (Global Positioning System) แทน การคำนวณค่าพิกัดของงานวงรอบยังคงคำนวณในลักษณะบนพื้นผิวระนาบเป็นระบบพิกัดฉาก ซึ่งแตกต่างจากงานสำรวจที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่การคำนวณจะคำนวณอยู่บนพื้นผิวโค้งรูปทรงรี (Ellipsoidal Surface)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ต้องศึกษา

1) นิยามวงรอบ

2) ประเภทของวงรอบ

3) การรังวัดวงรอบ

4) การคำนวณงานวงรอบ

3. ขั้นตอนการทำงานวงรอบ

งานวงรอบมีข้อมูลที่ต้องการรังวัด คือ ค่าทิศทางของด้านวงรอบและระยะทางราบของเส้นวงรอบทุกเส้น โดยการเคลื่อนที่จุดตั้งกล้องไปยังสถานีถัดไปให้เดินในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา จะทำให้มุมที่วัดได้เป็นมุมกวาดตามเข็มนาฬิกาเช่นเดียวกับการกวาดของจานองศา โดยเริ่มต้นการทำงานดังนี้

1) ตั้งกล้องวัดมุมที่จุดที่ทราบค่าพิกัด วัดทิศทางค่าจานองศาราบของสถานีหลังซึ่งเป็นจุดที่ค่าพิกัดเช่นเดียวกัน และวัดไปยังสถานีหน้า ทำให้สร้างความสัมพันธ์ของค่าอะซิมุท (Azimuth) ของเส้นวงรอบได้

2) ให้ทำการวัดระยะทางราบของเส้นวงรอบทุกเส้น โดยดำเนินการไปพร้อมกัน หรือ แยกดำเนินก็ได้ ขึ้นอยู่เครื่องมือที่ใช้

3) ย้ายกล้องไปตั้งยังสถานีถัดไป ซึ่งเป็นสถานีหน้าของการตั้งกล้องครั้งที่ผ่านมา ให้ดำเนินการวัดทิศทางเช่นเดียวกันกับข้อที่ 1 จนกระทั่งครบทุกสถานีที่ต้องทำการรังวัด

4. ตารางข้อกำหนดตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee

Classification	*First Order*	*Second Order*		*Third Order*	
		Class I	*Class II*	*Class I*	*Class II*
Recommended spacing of principal stations	Network stations 10-15 km. Other surveys seldom less than 3 km.	Principal stations seldom less than 4 km. except in metropolitan area surveys where the limitation is 0.3 km.	Principal stations seldom less than 2 km. except in metropolitan area surveys where the limitation is 0.2 km.	Seldom less than 0.1 km. in tertiary surveys in metropolitan area surveys. As required for other surveys.	
Horizontal directions or Angles					
Instrument	0.2"	0.2" OR 1.0"	0.2" OR 1.0"	1.0"	1.0"
Number of observations	16	8 OR 12*	6 OR 8*	4	2
Rejection limit from mean	4"	4" OR 5"	4" OR 5"	5"	5"
Legth measurements					
Standard error	1 part in 600,000	1 part in 300,000	1 part in 120,000	1 part in 60,000	1 part in 30,000
Reciprocal vertical angle observations					
Number of and spread between observations	3 D/R --- 10"	3 D/R --- 10"	2 D/R --- 10"	2 D/R --- 10"	2 D/R --- 20"
Number of stations between known elevations	4-6	6-8	8-10	10-15	15-20
Astro azimuths					
Number of courses between azimuths chaecks	5-6	10-12	15-20	20-25	30-40
No. of obs./night	16	16	12	8	4
No. of nights	2	2	1	1	1
Standard error	0.45"	0.45"	1.5"	3.0"	8.0"
Azimuth closure at azimuth check point not to exceed	1.0" per station or 2"√N	1.5" per station or 3"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 2.0" per station or 3"√N	2.0" per station or 6"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 4.0" per station or 8"√N	3.0" per station or 10"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 6.0" per station or 15"√N	8.0" per station or 30"√N
Position closure					
after azimuth adjustment	0.04mm√K or 1:100,000	0.08mm√K or 1:50,000	0.2mm√K or 1:20,000	0.4mm√K or 1:10,000	0.8mm√K or 1:5,000

* May be reduced to 8 and 4, respectively, in metropolitan areas.

3. เครื่องมือ

1) กล้องวัด Total Station Leica รุ่น TC307 จำนวน 1 กล้อง

2) ขาตั้งกล้อง (Tripod) จำนวน 1 ขา

3) เป้าปริซึม (Prism Reflector) จำนวน 2 ดวง

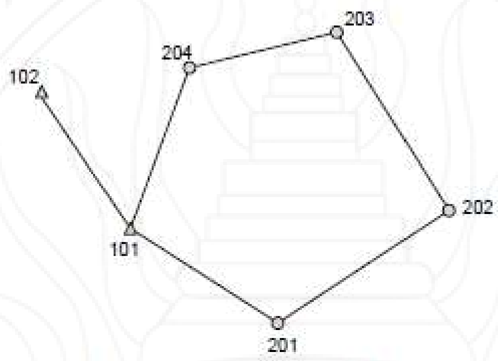
4) ขาตั้งเป้าปริซึม จำนวน 2 ขา

5) Peg ไม้ จำนวน 3 อัน

6) ค้อน จำนวน 1 อัน

5 วิธีปฏิบัติ

1) กำหนดให้วงรอบเป็นวงรอบ 4 สถานี โดยแต่ละกลุ่มมีจุดที่ทราบค่าพิกัด 2 จุด และมีลักษณะเช่นเดียวกับรูป



ลักษณะวงรอบที่กำหนด

2) ให้แต่ละกลุ่มจัดทำรายละเอียดตำแหน่งหมุดสถานีวงรอบ

3) ให้แต่ละกลุ่มทำการวัดวงรอบจำนวน 4 สถานี

4) ข้อกำหนดการวัดวงรอบเบื้องต้นในการปฏิบัติการ

5) วัดมุมจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดต่างจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 10 second

6) ระยะทางวัดไปกลับมีค่า accuracy ไม่น้อยกว่า 1:15,000

7) ค่าคลาดเคลื่อนของผลรวมมุมภายในวงรอบไม่เกิน $30'' \sqrt{N}$

8) ทำการรังวัดถ่ายค่า Azimuth เข้าสู่เส้นวงรอบ

9) คำนวณปรับแก้ค่ามุมภายในวงรอบตามเงื่อนไข $(n - 2)180^0$

6. ข้อปฏิบัติ

1) การเลือกสถานีวงรอบต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 80 เมตร

2) ให้ใช้หมุดควบคุมที่กำหนดให้ 1 หมุดเป็นสถานีเริ่มต้น

3) ให้ใช้แนวเส้นหมุดที่กำหนดเป็นแนว Azimuth เริ่มต้น

4) เมื่อดำเนินการเสร็จแล้วให้ถอน Peg ไปเก็บคืนไว้ที่เดิม

5) การวัดมุมให้ตั้งค่าเริ่มต้นมุม Back-sight ดังนี้

– ชุดที่ 1 ที่ประมาณ 0 องศา

– ชุดที่ 2 ที่ประมาณ 90 องศา

6) การวัดระยะทางเส้นวงรอบให้บันทึกค่าระยะทางราบ

6. ตารางการจดบันทึกข้อมูล

Sta.	Pos.	Obj.	Hor.Rdg.	Mean.	Hor. Angle	Hor. Dist	Mean H.D	Remark

7. ข้อสังเกตอื่นๆ

....

....

....

....

8. ผลการทดลองและวิเคราะห์

9. สรุปผลการทดลอง

ใบงานที่ 9

เรื่อง การทำวงรอบด้วยกล้องทีโอโดไลท์และแถบวัดระยะ วันที่...

ชื่อ-สกุล... รหัส..

1.วัตถุประสงค์

1) เพื่อวัดมุมภายในหรือภายนอกที่แต่ละสถานีวงรอบ ซึ่งมีจำนวน n ด้าน ด้วยกล้อง ทีโอโดไลท์แบบวัดมุมทบ

2) เพื่อรังวัดระยะทางของเส้นวงรอบโดยแถบวัดระยะ

3) เพื่อหาพิกัดทางราบของสถานีวงรอบ

4) เพื่อเขียนวงรอบโดยวิธีพิกัดฉาก

5) เพื่อคำนวณหาพื้นที่ภายในเส้นวงรอบโดยวิธี DMD หรือ DPD และวิธีพิกัดฉาก

2. หลักการ

การทำวงรอบเป็นวิธีการหาพิกัดของหมุดควบคุมทางราบอย่างหนึ่งโดยการรังวัดทิศทาง รังวัดมุมและระยะทางของเส้นที่ต่อเนื่องกันในลักษณะอนุกรม จุดที่เส้นตรงตัดกันเรียกว่าสถานีวงรอบ(Traverse line) การทำวงรอบเหมาะสำหรับการสร้างหมุดควบคุมทางราบในพื้นที่ที่เป็นป่ารกทึบ หรือพื้นที่ที่มีอาคารหนาแน่น ทำให้แนวเล็งมีระยะสั้น ซึ่งสามารถทำวงรอบได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมที่จะรังวัดโดยวิธีโครงข่ายสามเหลี่ยม หรือรังวัดโดย GPS (Global Positioning System) หรือรังวัดวิธีอื่นๆ

วงรอบแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) วงรอบปิด(Closed traverse) ซึ่งแยกได้เป็นวงรอบแบบบรรจบตัวเองและวงรอบแบบปิดแบบเข้า

2)วงรอบเปิด(Open or unclosed traverse)

วงรอบปิดเริ่มต้นจากจุดที่ทราบพิกัดและทิศทางไปสิ้นสุดที่จุดที่ทราบค่าพิกัดและทิศทาง ถ้ากลับมาสิ้นสุดที่จุดเริ่มต้น เรียกว่า วงรอบปิดแบบบรรจบตัวเอง ถ้าจุดสิ้นสุดเป็นอีกจุดหนึ่ง ซึ่งได้จากงานรังวัดควบคุมทางราบที่มีความละเอียดถูกต้องสูงกว่า เรียกว่า วงรอบปิดแบบเข้าบรรจบ วงรอบปิดสามารถตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนทางมุมหรือทิศทางและค่าคลาดเคลื่อนทางระยะว่าเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดหรือไม่ วงรอบปิดเหมาะสำหรับงานทางวิศวกรรมสำรวจในการทำหมุดควบคุมทางราบใช้ในการทำแผนที่ หรืองานก่อสร้างต่างๆ เช่น ถนน ทางรถไฟ งานวางท่อ ฯลฯ

วงรอบเปิดเริ่มต้นจากจุดที่ทราบพิกัดและทิศทาง ไปสิ้นสุดที่จุดที่ไม่ทราบค่าพิกัดและทิศทาง ไม่สามารถตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนทางมุมหรือทิศทาง และค่าคลาดเคลื่อนทางระยะ เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการรังวัด จะต้องมีการรังวัดมุมหรือทิศทางและรังวัดระยะทางหลายๆครั้ง จึงไม่แนะนำไม่แนะนำให้ใช้งานโดยทั่วไป นอกจากมีความจำเป็นต้องทำวงรอบเปิด เช่น งานสำรวจใต้ดิน ซึ่งโดยทางปฏิบัติที่ดีควรจะได้ทำวงรอบตามอุโมงค์ย้อนกลับมายังจุดเริ่มต้น เพื่อตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อน

ตารางข้อกำหนดตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee

Classification	*First Order*	*Second Order*		*Third Order*	
		Class I	*Class II*	*Class I*	*Class II*
Recommended spacing of principal stations	Network stations 10-15 km. Other surveys seldom less than 3 km.	Principal stations seldom less than 4 km. except in metropolitan area surveys where the limitation is 0.3 km.	Principal stations seldom less than 2 km. except in metropolitan area surveys where the limitation is 0.2 km.	Seldom less than 0.1 km. in tertiary surveys in metropolitan area surveys. As required for other surveys.	
Horizontal directions or Angles					
Instrument	0.2"	0.2" OR 1.0"	0.2" OR 1.0"	1.0"	1.0"
Number of observations	16	8 OR 12*	6 OR 8*	4	2
Rejection limit from mean	4"	4" OR 5"	4" OR 5"	5"	5"
Legth measurements					
Standard error	1 part in 600,000	1 part in 300,000	1 part in 120,000	1 part in 60,000	1 part in 30,000
Reciprocal vertical angle observations					
Number of and spread between observations	3 D/R --- 10"	3 D/R --- 10"	2 D/R --- 10"	2 D/R --- 10"	2 D/R --- 20"
Number of stations between known elevations	4-6	6-8	8-10	10-15	15-20
Astro azimuths					
Number of courses between azimuths chaecks	5-6	10-12	15-20	20-25	30-40
No. of obs./hight	16	16	12	8	4
No. of nights	2	2	1	1	1
Standard error	0.45"	0.45"	1.5"	3.0"	8.0"
Azimuth closure at azimuth check point not to exceed	1.0" per station or 2"√N	1.5" per station or 3"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 2.0" per station or 3"√N	2.0" per station or 6"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 4.0" per station or 8"√N	3.0" per station or 10"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 6.0" per station or 15"√N	8.0" per station or 30"√N
Position closure					
after azimuth adjustment	0.04mm√K or 1:100,000	0.08mm√K or 1:50,000	0.2mm√K or 1:20,000	0.4mm√K or 1:10,000	0.8mm√K or 1:5,000

* May be reduced to 8 and 4, respectively, in metropolitan areas.

ใบงานที่ 9 การทำวงรอบด้วยกล้องทีโอโดไลท์และแถบวัดระยะ

3. เครื่องมือ

1) กล้องทีโอโดไลท์แบบรังวัดมุมทบ จำนวน 1 กล้อง

2) ขาตั้งกล้อง (Tripod) จำนวน 1 ขา

3) เข็มคะแนน จำนวน 1 ชุด

4) ขาตั้งเป้าปริซึม จำนวน 2 ขา

5) Peg ไม้ จำนวน 3 อัน

6) ค้อน จำนวน 1 อัน

4. วิธีปฏิบัติ

1) เดินให้ทั่วบริเวณที่จะรังวัด เพื่อกำหนดตำแหน่งสถานีวงรอบที่เหมาะสม โดยจะต้องเป็นตำแหน่งที่มองเห็นสถานีข้างเคียง สามารถตอกหมุดได้โดยไม่ถูกทำลายได้ง่าย

2) ตอกหมุดสถานีวงรอบจำนวน 4-5 หมุด กำหนดเป็นหมุด A,B,C,D และ E และกำหนดจุดอ้างอิงจำนวน 1 จุด เช่น ยอดเจดีย์ สายล่อฟ้า ยอดเสาธง ยอดสถานีวิทยุ

3) ตั้งกล้องทีโอโดไลท์บนสามขา เหนือสถานี A ตั้งกล้องให้ตรงกับเครื่องหมายบนหัวหมุด และปรับให้ได้ระดับและตั้งเป้าเหนือสถานี B และ E

4) ยึดสกรูจานล่าง คลายสกรูจานบน แล้วอ่านค่าจานองศาราบให้ได้ $00°00'$ โดยใช้ควงสกรูสัมผัสบนเข้าช่วย

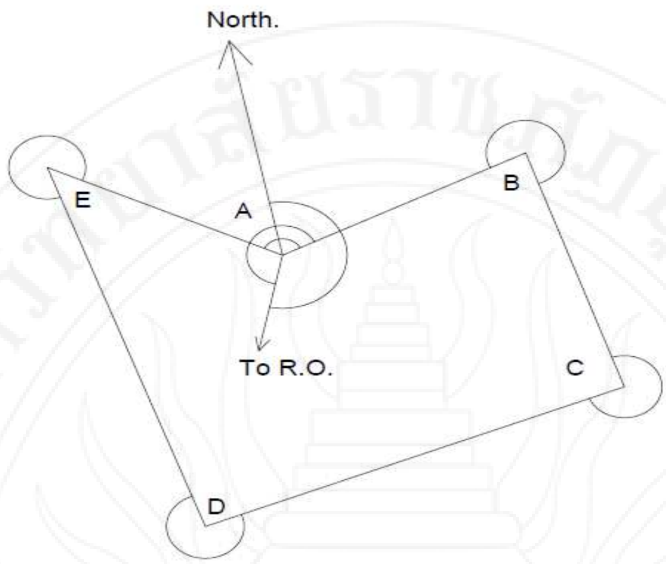
5) คลายสกรูจานล่าง แล้วหมุนกล้องไปยัง R.O ด้วยกล้องหน้าซ้าย ยึดสกรูจานองศาล่างไว้ ปรับโฟกัสแล้วใช้ควงสกรูสัมผัสล่างปรับสายใยดิ่งให้ตรงกับ R.O ให้อ่านค่าและจดบันทึกค่าไว้

6) คลายสกรูบน แล้วหมุมกล้องส่องไปยังเป้า B ทำเหมือนขั้นตอนที่ 5) อ่านค่าและจดบันทึก

7) ทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆจนครบรอบของวงรอบ

8) ตรวจสอบค่าแย้งของระยะทางว่าอยู่ในเกณฑ์งานที่กำหนดหรือไม่

9) คำนวณมุมราบของวงรอบ หาผลรวมมุมภายนอกจาก (n+2)x180 หรือผลรวมมุมภายในจาก (n-2)x180 ตามเกณฑ์กำหนด $60''\sqrt{N}$ หรือไม่



10) ปรับแก้มุมภายในหรือมุมภายนอก โดยค่าแก้ไขมุมหรือมุมแก้ไขแล้ว จะต้องมีความละเอียดเช่นเดียวกันกับเครื่องมือที่ใช้ในการรังวัดมุม

11) คำนวณหาแอซิมัทของแต่ละเส้นวงรอบ โดยหาจากแอซิมัทของแนวเส้นอ้างอิง และจากมุมภายในหรือมุมภายนอกที่ปรับแก้แล้ว หรือคำนวณหาแอซิมัทของแต่ละเส้นวงรอบจากมุมที่ยังไม่ได้ปรับแก้ แล้วปรับแก้แอซิมัทตามสัดส่วนมุมที่ใช้ในการคำนวณแอซิมัทของแต่ละเส้นวงรอบ

12) คำนวณหาระยะตะวันออก และระยะเหนือของแต่ละเส้นวงรอบ

ระยะตะวันออก= ความยาวเส้นวงรอบ x sine ของแอซิมัท(หรือแบริ่งของเส้นวงรอบ)

ระยะเหนือ = ความยาวเส้นวงรอบ x cosine ของแอซิมัท(หรือแบริ่งของเส้นวงรอบ)

หาค่าคลาดเคลื่อนระยะเหนือ และค่าคลาดเคลื่อนระยะตะวันออก หาค่าคลาดเคลื่อนระยะบรรจบ และหาค่าความละเอียดถูกต้องของวงรอบว่าอยู่ในเกณฑ์ $\frac{1}{2500}$ หรือไม่(งานชั้นที่ 4)

13) ปรับแก้ระยะตะวันออก และระยะเหนือของแต่ละเส้นวงรอบ ด้วยกฎเข็มทิศ เมื่อความละเอียดถูกต้องในการรังวัดมุมเท่ากันกับระยะทาง หรือปรับแก้ด้วยกฎทรานสิท เมื่อความละเอียดถูกต้องในการวัดมุมเหนือกว่าระยะทาง

กฎเข็มทิศ

$$\text{ค่าแก้ระยะตะวันออก} = \frac{-\text{ค่าคลาดเคลื่อนระยะตะวันออก} \times \text{ความยาวของเส้นวงรอบ}}{\text{ผลรวมความยาวของเส้นวงรอบ}}$$

$$\text{ค่าแก้ระยะเหนือ} = \frac{-\text{ค่าคลาดเคลื่อนระยะเหนือ} \times \text{ความยาวของเส้นวงรอบ}}{\text{ผลรวมความยาวของเส้นวงรอบ}}$$

กฎทรานสิท

$$\text{ค่าแก้ระยะตะวันออก} = \frac{-\text{ค่าคลาดเคลื่อนระยะตะวันออก} \times \text{ระยะตะวันออก}(\text{ไม่คิดเครื่องหมาย})}{\text{ผลรวมความยาวระยะตะวันออก}(\text{ไม่คิดเครื่องหมาย})}$$

$$\text{ค่าแก้ระยะตะวันออก} = \frac{-\text{ค่าคลาดเคลื่อนระยะเหนือ} \times \text{ระยะเหนือ}(\text{ไม่คิดเครื่องหมาย})}{\text{ผลรวมความยาวระยะเหนือ}(\text{ไม่คิดเครื่องหมาย})}$$

14) สมมติว่าค่าพิกัดของสถานี A เป็น

E_A = 1,000.000 เมตร

N_A = 2,000.000 เมตร

แล้วคำนวณหาค่าพิกัดของสถานีอื่นๆเช่น

E_B = E_A + ระยะตะวันออกของเส้น AB

N_B = N_A + ระยะเหนือของเส้น AB

15) เขียนค่าพิกัดของแต่ละสถานีวงรอบลงในกระดาษเขียนแบบตามมาตราส่วนที่เหมาะสมด้วยวิธีพิกัดฉาก แล้วลากเส้นวงรอบ หาพื้นที่โดยวิธีพิกัดฉาก และ DMD หรือ DPD

5. ข้อปฏิบัติ

1) การเลือกสถานีวงรอบต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 80 เมตร

2) ให้ใช้หมุดควบคุมที่กำหนดให้ 1 หมุดเป็นสถานีเริ่มต้น

3) ให้ใช้แนวเส้นหมุดที่กำหนดเป็นแนว Azimuth เริ่มต้น

4) เมื่อดำเนินการเสร็จแล้วให้ถอน Peg ไปเก็บคืนไว้ที่เดิม

5) การวัดระยะทางเส้นวงรอบให้บันทึกค่าระยะทางราบ

6. ตารางการจดบันทึกข้อมูล

Sta.	Pos.	Obj.	Hor.Rdg.	Mean.	Hor. Angle	Hor. Dist	Mean H.D	Remark

7.ข้อสังเกตอื่นๆ

....
....
....
....

8. ผลการทดลองและวิเคราะห์

....
....
....
....
....
....
....
....
....

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

9. สรุปผลการทดลอง

....
....
....
....
....
....

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

ใบงานที่ 9 การทำวงรอบด้วยกล้องทีโอโดไลท์และแถบวัดระยะ

ใบงานที่ 10

เรื่อง การทำวงรอบด้วยกล้องแบบประมวลผลรวม วันที่..

ชื่อ-สกุล... รหัส...

1.วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาและเพิ่มทักษะในการทำวงรอบด้วยกล้องแบบประมวลผลรวม(Total station)

2) เพื่อรังวัดมุมภายในหรือมุมภายนอกของแต่ละสถานีวงรอบ ซึ่งมีจำนวน n ด้านด้วยกล้องประมวลผลรวม

3) เพื่อรังวัดระยะทางของเส้นวงรอบด้วยกล้องประมวลผลรวม

4) เพื่อหาพิกัดทางราบของสถานีวงรอบ

5) เพื่อเขียนวงรอบของสถานีวงรอบ

6) เพื่อคำนวณหาพื้นที่ภายในเส้นวงรอบด้วยวิธี DMD หรือ DPD และวิธีพิกัดฉาก

วงรอบเป็นงานสำรวจรังวัดเพื่อหาค่าพิกัดทางราบ (X,Y) ของจุดสถานีตั้งกล้อง เพื่อใช้เป็นหมุดหลักฐานทางราบ (Horizontal Control Point) สำหรับการหาค่าพิกัดตำแหน่งของจุดต่างๆ ในบริเวณใกล้เคียง ด้วยวิธีการรังวัดทิศทางและระยะทางราบอย่างต่อเนื่อง จุดสถานีตั้งกล้องเหล่านี้เรียกว่า “หมุดวงรอบ” (Traverse Station) งานวงรอบเหมาะสำหรับงานสำรวจที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดเล็ก การสำรวจหมุดหลักฐานทางราบที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ในอดีตมักจะใช้วิธีการสำรวจด้วยโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulation Networks) ซึ่งมีข้อจำกัดในการทำงานมากมาย ปัจจุบันใช้วิธีการสำรวจหาตำแหน่งด้วยดาวเทียมระบบ GPS (Global Positioning System) แทน การคำนวณค่าพิกัดของงานวงรอบยังคงคำนวณในลักษณะบนพื้นผิวระนาบเป็นระบบพิกัดฉาก ซึ่งแตกต่างจากงานสำรวจที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่การคำนวณจะคำนวณอยู่บนพื้นผิวโค้งรูปทรงรี (Ellipsoidal Surface)

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเรื่องการผลิตกล้องทีโอโดไลท์แบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Digital Theodolite) ซึ่งสามารถอ่านค่าจานองศาราบและจานองศาดิ่งออกมาเป็นตัวเลขที่หน้าจอ ได้มีการผลิตเครื่องมือวัดระยะทางด้วยเครื่องมือวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Digital Measurement: EDM) โดยหาจากการเดินทางของคลื่นแสงหรือไมโครเวฟ ซึ่งเดินทางด้วยความเร็วในสุญญากาศ

การพัฒนาดังกล่าวทำให้กล้องทีโอโดไลท์กลายมาเป็นกล้องที่สามารถอ่านค่ามุมดิ่ง มุมราบ ระยะทาง หาค่าระดับ ไว้ในตัวเดียวซึ่งเรียกกล้องนี้ว่ากล้องประมวลผลรวม (Total Station)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ต้องศึกษา

1) นิยามวงรอบ

2) ประเภทของวงรอบ

3) การรังวัดวงรอบ

4) การคำนวณงานวงรอบ

3. ขั้นตอนการทำงานวงรอบ

งานวงรอบมีข้อมูลที่ต้องการรังวัด คือ ค่าทิศทางของด้านวงรอบและระยะทางราบของเส้นวงรอบทุกเส้น โดยการเคลื่อนที่จุดตั้งกล้องไปยังสถานีถัดไปให้เดินในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา จะทำให้มุมที่วัดได้เป็นมุมกวาดตามเข็มนาฬิกาเช่นเดียวกับการกวาดของจานองศา โดยเริ่มต้นการทำงานดังนี้

1) ตั้งกล้องวัดมุมที่จุดที่ทราบค่าพิกัด วัดทิศทางค่าจานองศาราบของสถานีหลังซึ่งเป็นจุดที่ค่าพิกัดเช่นเดียวกัน และวัดไปยังสถานีหน้า ทำให้สร้างความสัมพันธ์ของค่าอะซิมุท (Azimuth)ของเส้นวงรอบได้

2) ให้ทำการวัดระยะทางราบของเส้นวงรอบทุกเส้น โดยดำเนินการไปพร้อมกัน หรือ แยกดำเนินก็ได้ ขึ้นอยู่เครื่องมือที่ใช้

3) ย้ายกล้องไปตั้งยังสถานีถัดไป ซึ่งเป็นสถานีหน้าของการตั้งกล้องครั้งที่ผ่านมา ให้ดำเนินการวัดทิศทางเช่นเดียวกันกับข้อที่ 1 จนกระทั่งครบทุกสถานีที่ต้องทำการรังวัด

ตารางข้อกำหนดตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee

Classification	*First Order*	*Second Order*		*Third Order*	
		Class I	*Class II*	*Class I*	*Class II*
Recommended spacing of principal stations	Network stations 10-15 km. Other surveys seldom less than 3 km.	Principal stations seldom less than 4 km. except in metropolitan area surveys where the limitation is 0.3 km.	Principal stations seldom less than 2 km. except in metropolitan area surveys where the limitation is 0.2 km.	Seldom less than 0.1 km. in tertiary surveys in metropolitan area surveys. As required for other surveys.	
Horizontal directions or Angles					
Instrument	0.2"	0.2" OR 1.0"	0.2" OR 1.0"	1.0"	1.0"
Number of observations	16	8 OR 12*	6 OR 8*	4	2
Rejection limit from mean	4"	4" OR 5"	4" OR 5"	5"	5"
Legth measurements Standard error	1 part in 600,000	1 part in 300,000	1 part in 120,000	1 part in 60,000	1 part in 30,000
Reciprocal vertical angle observations					
Number of and spread between observations	3 D/R --- 10"	3 D/R --- 10"	2 D/R --- 10"	2 D/R --- 10"	2 D/R --- 20"
Number of stations between known elevations	4-6	6-8	8-10	10-15	15-20
Astro azimuths					
Number of courses between azimuths chaecks	5-6	10-12	15-20	20-25	30-40
No. of obs./night	16	16	12	8	4
No. of nights	2	2	1	1	1
Standard error	0.45"	0.45"	1.5"	3.0"	8.0"
Azimuth closure at azimuth check point not to exceed	1.0" per station or 2"√N	1.5" per station or 3"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 2.0" per station or 3"√N	2.0" per station or 6"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 4.0" per station or 8"√N	3.0" per station or 10"√N Metroprolitan area surveys seldom to exceed 6.0" per station or 15"√N	8.0" per station or 30"√N
Position closure after azimuth adjustment	0.04mm√K or 1:100,000	0.08mm√K or 1:50,000	0.2mm√K or 1:20,000	0.4mm√K or 1:10,000	0.8mm√K or 1:5,000

* May be reduced to 8 and 4, respectively, in metropolitan areas.

4. เครื่องมือ

1) กล้องวัด Total Station Leica จำนวน 1 กล้อง

2) ขาตั้งกล้อง (Tripod) จำนวน 1 ขา

3) เป้าปริซึม (Prism Reflector) จำนวน 2 ดวง

4) ขาตั้งเป้าปริซึม จำนวน 2 ขา

5) Peg ไม้ จำนวน 3 อัน

6) ค้อน จำนวน 1 อัน

5. วิธีปฏิบัติ

1) อาจารย์แนะนำเครื่องมือ Total station และข้อควรปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ และข้อห้าม ได้แก่ ห้ามเล็งกล้องไปยังดวงอาทิตย์ เลนส์กล้องที่ขยายเมื่อรับแสงจะทำให้ตาบอดได้และจะทำลายเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ภายในกล้องเสียหาย เมื่อฝนตกให้รีบเก็บเครื่องมือทำความสะอาดและเช็ดให้แห้ง ความชื้นจะทำให้เครื่องอิเล็กคทรอนิกส์เสีย

2) เดินสำรวจเพื่อหาตำแหน่งสถานีวงรอบที่เหมาะสม โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับการปฏิบัติเรื่องการทำวงรอบด้วยกล้องทีโอโดไลท์

3) ตั้งกล้อง Total Station เหนือหมุดวงรอบและตั้งเป้าสะท้อนแสงเหนือหมุดสถานีของเส้นวงรอบที่ต่อเนื่องกันเป็นเป้าหลัง(Back target) และเป้าหน้า (Fore target) สำหรับวัดมุมและระยะทางวงรอบ โดยตั้งกล้องและเป้าให้ตรงจุดและให้ได้ระดับ

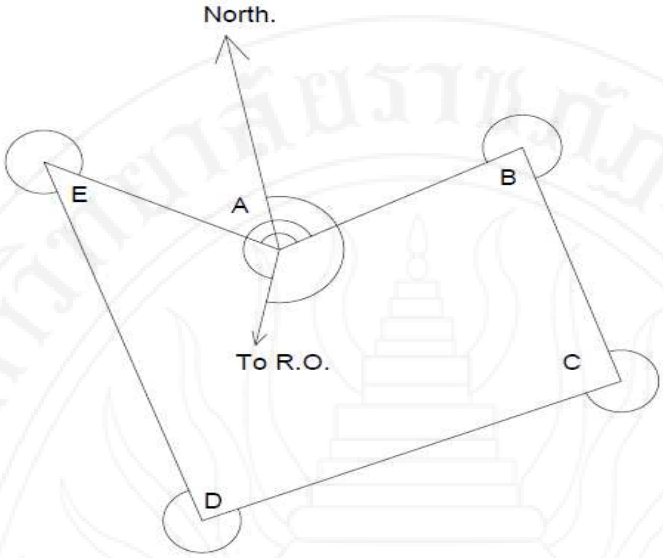
4) เปิดกล้องเล็งเป้าสะท้อนด้วยกล้องหน้าซ้าย ส่องหลังเล็งไปยังจุดอ้างอิง (Reference Object) ให้ตรงเป้าโดยใช้ควงบังคับช่วย แล้วตั้งค่าจานองศาราบที่หน้าจอให้เป็น 00°00′00″ แล้วส่องไปยังเป้าสะท้อนแสงที่อยู่เหนือสถานี B และสถานี F ส่องให้ตรงเป้าโดยใช้สกรูสัมผัสทางราบและควงสกรูสัมผัสทางดิ่ง เมื่อตรงเป้าให้กดปุ่มเพื่อวัดระยะทางแล้วจดบันทึกค่าจานองศาราบ

5) กลับกล้องเป็นกล้องหน้าขวา เล็งกล้องส่องหลังไปยังจุดอ้างอิง(Reference Object) ให้ตรงเป้าโดยใช้ควงบังคับช่วย แล้วตั้งค่าจานองศาราบที่หน้าจอให้เป็น 00°00′00″ แล้วส่องไปยังเป้าสะท้อนแสงที่อยู่เหนือสถานี B และสถานี F ส่องให้ตรงเป้าโดยใช้สกรูสัมผัสทางราบและควงสกรูสัมผัสทางดิ่ง เมื่อตรงเป้าให้กดปุ่มเพื่อวัดระยะทางแล้วจดบันทึกค่าจานองศาราบ

6) ย้ายสถานีตั้งกล้องมาตั้งที่สถานี B ตั้งเป้าสะท้อนแสงที่สถานี A และ C เป็นเป้าหลังและเป้าหน้า แล้วรังวัดมุมและระยะทางของเส้นวงรอบ โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 4) และ 5)

7) ย้ายกล้องมาตั้งที่สถานี C,D,E และ F โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 6)

8) คำนวณหาค่าเฉลี่ยของมุมที่แต่ละสถานีวงรอบ และหาค่าเฉลี่ยระยะทางของเส้นวงรอบ คำนวณผลรวมมุมภายในหรือมุมภายนอก ว่าต่างจาก (n-2)x180 หรือ (n+2)x180 และอยู่ในเกณฑ์งานชั้นที่ 4 หรือไม่



ลักษณะวงรอบที่กำหนด

1) ให้แต่ละกลุ่มจัดทำรายละเอียดตำแหน่งหมุดสถานีวงรอบ

2) ให้แต่ละกลุ่มทำการวัดวงรอบจำนวน 4 สถานี

3) ข้อกำหนดการวัดวงรอบเบื้องต้นในการปฏิบัติการ

4) วัดมุมจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดต่างจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 10 second

5) ระยะทางวัดไปกลับมีค่า accuracy ไม่น้อยกว่า 1:15,000

6) ค่าคลาดเคลื่อนของผลรวมมุมภายในวงรอบไม่เกิน $60''\sqrt{N}$

7) ทำการรังวัดถ่ายค่า Azimuth เข้าสู่เส้นวงรอบ

8) คำนวณปรับแก้ค่ามุมภายในวงรอบตามเงื่อนไข $(n-2)180^0$

6. ตารางการจดบันทึกข้อมูล

Sta.	Pos.	Obj.	Hor.Rdg.	Mean.	Hor. Angle	Hor. Dist	Mean H.D	Remark

7. ข้อสังเกตอื่นๆ

....
....
....
....

8.ผลการทดลองและวิเคราะห์

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

9. สรุปผลการทดลอง

....
....
....
....
....
....



SURVEY ENGINEERING